Aus der Abteilung für klinische Prothetik - Süd
(Leiter: Professor Dr. med. dent. Karl Eichner)
der Poliklinik für zahnärztliche Prothetik
des Fachbereiches für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

VERLETZUNGEN DES NACHBARZAHNES BEIM SEPARIEREN IM RAHMEN DER KRONENSTUMPFPRÄPARATION UND GLÄTTUNG AKZIDENTELLER SCHMELZVERLETZUNGEN

Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnärztin Gabriele Andreae, geb. Kornek
aus Berlin

1986

Aus der Abteilung für klinische Prothetik - Süd
(Leiter: Professor Dr. med. dent. Karl Eichner)
der Poliklinik für zahnärztliche Prothetik
des Fachbereiches für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

VERLETZUNGEN DES NACHBARZAHNES BEIM SEPARIEREN IM RAHMEN DER KRONENSTUMPFPRÄPARATION UND GLÄTTUNG AKZIDENTELLER SCHMELZVERLETZUNGEN

Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnärztin Gabriele Andreae, geb. Kornek
aus Berlin

Referent: Prof. Dr. med. dent. Karl Eichner
Korreferent: Prof. Dr. med. dent. Jean-François Roulet

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 26.06.1986

Meinen Eltern

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549614_0006

INHALT

Seite

I. EINLEITUNG 9

II. LITERATURÜBERSICHT 11

III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN 17

1. Beschleifversuche 17

1.1. Auswahl der zu beschleifenden Zähne 18
1.2. Verwendete Schleifkörper und ihre Anwendung 19
1.2.1. Konische Diamantspitze 19
1.2.2. Beidseitig diamantierte Separierscheibe 22
1.2.3. Einseitig diamantierte Separierscheibe 23
1.3. Beobachtungen während der Beschleifversuche 26
1.4. Verletzungen des Nachbarzahnes durch den Diamantbelag der verwendeten Schleifkörper 28
1.4.1. Häufigkeit 28
1.4.2. Flächenbestimmung 29
1.4.2.1. Meßverfahren (VIDEOPLAN) 29
1.4.2.2. Ergebnisse 31
1.5. Oberflächenveränderungen durch die nichtdiamantierte Scheibenrückseite 36

2. Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen 38

2.1. Arbeitsweise des Rasterelektronenmikroskops und Vorbereitung der Proben 38
2.2. Betrachtung von Schmelz 39
2.2.1. Unverletzter Schmelz 39
2.2.2. Mit diamantierten Schleifkörpern verletzter Schmelz 40
2.2.3. Schmelz nach Kontakt mit der nichtdiamantierten Scheibenrückseite 42

Seite

2.3. Betrachtung der einseitig und auf der Kante diamantierten Separierscheibe 44

3. Rauhtiefenmessung 45

3.1. Perthometer 45
3.1.1. Begriffe und Definitionen 46
3.2. Messungen an Schmelz 49
3.2.1. Unverletzter Schmelz 49
3.2.2. Mit diamantierten Schleifkörpern verletzter Schmelz 50
3.2.3. Schmelz nach Kontakt mit der nichtdiamantierten Scheibenrückseite 51
3.3. Rauhigkeit der nichtdiamantierten Rückseite der Separierscheibe 52

4. Glätten verletzter Schmelzoberflächen mit Sandpapierscheiben und mit flexiblen Aluminiumoxidscheiben (Soflexscheiben) 54

4.1. Verfahren 54
4.2. REM-Untersuchung 55
4.2.1. Sandpapier- und Soflexscheiben 55
4.2.2. Geglätteter Schmelz 57
4.3. Rauhtiefenmessung 58
4.3.1. Schmelzglättung bei einer Polierdauer von 4 mal 15 Sekunden 58
4.3.2. Schmelzglättung bei einer Polierdauer von 4 mal 30 Sekunden 59

IV. DISKUSSION 63

1. Verletzungen des Nachbarzahnes beim Separieren 63

2. Temperaturerhöhungen beim Separieren 65

3. Rauhtiefenmessungen 67

Seite

4. Glättung verletzter Bereiche mit Polierscheiben 69

5. Alternativen zu Polierscheiben 72

6. Verletzungen des Nachbarzahnes beim Präparieren von Kavitäten der Black-Klasse-II 73

V. KLINISCHE GESICHTSPUNKTE 75

VI. ZUSAMMENFASSUNG 78

VII. LITERATURVERZEICHNIS 81

VIII. ANHANG 92

1. Tabellen und graphische Darstellungen 93

2. Bildanhang 110

I. EINLEITUNG

Die Präparation einer natürlichen Zahnkrone zur Aufnahme einer prothetischen Krone birgt, besonders in der Phase des approximalen Beschleifens, die Gefahr einer Verletzung des Nachbarzahnes in sich.

Mit großer Wahrscheinlichkeit führt die Beschädigung einer Schmelzoberfläche mit diamantierten Schleifkörpern (Abb. 1) über eine erhöhte Oberflächenrauhigkeit und die daraus resultierende vermehrte Plaqueansammlung zur Entwicklung einer kariösen Läsion.

Je größer die Kontaktfläche zwischen zwei Zähnen ist, je dichter die benachbarten Zähne - besonders zervikal - stehen und je schlechter das Arbeitsgebiet einsehbar ist, desto mehr Aufmerksamkeit muß man dem Schutz der angrenzenden Approximalfläche widmen, wobei natürlich vorausgesetzt wird, daß diese aus intaktem Schmelz besteht bzw. ihre konservierende oder prothetische Versorgung bereits abgeschlossen ist. Das Ausmaß einer akzidentellen Verletzung bzw. ihr Auftreten überhaupt hängen von Form, Stellung und Lokalisation der zu separierenden Zähne ab. Das Geschick des Behandlers und Reaktionen des Patienten, wie beispielsweise der Schluckreflex oder andere unkontrollierte Bewegungen, haben in diesem Zusammenhang allerdings einen nicht

unerheblichen Einfluß.

Dem Zahnarzt stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, benachbarte Zähne durch approximales Beschleifen zu separieren. Im ersten Teil der vorliegenden Arbeit werden unterschiedliche Arbeitstechniken und Schleifkörper zum Trennen des Kontaktpunktes verglichen und zwar im Hinblick auf die Gefahr, mit ihnen akzidentelle Verletzungen zu setzen und auf die Möglichkeit, diese Gefahr auszuschalten.

Ist es einmal zur Schmelzbeschädigung gekommen, interessiert vor allem, welche Möglichkeiten bestehen, einen Defekt zu glätten. Im zweiten Teil der Arbeit sollen Glättungsmaßnahmen mit Hilfe der Rasterelektronenmikroskopie und der Rauhtiefenmessung beurteilt werden.

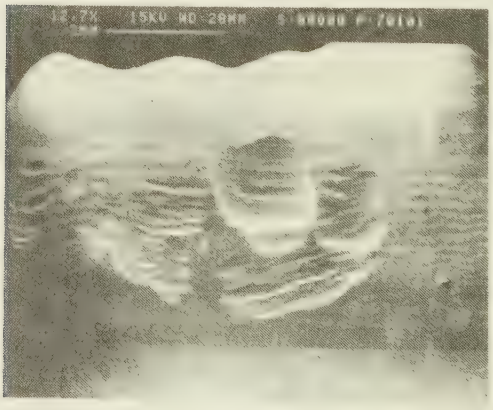


Abb. 1: Verletzung des Nachbarzahnes
nach Präparation
Originalvergrößerung: 12,7 mal

II. LITERATURÜBERSICHT

In vielen Veröffentlichungen, die das Gebiet der Kronenstumpfpräparation behandeln, findet man Hinweise auf die Problematik der akzidentellen Verletzung des Nachbarzahns (9, 10, 14, 21, 22, 25, 28, 31, 46, 49, 67, 69, 74). KÖRBER, K. (31) zählt u.a. die Schmelzverletzung an benachbarten Approximalflächen zu den häufigsten Fehlern bei der Kronenstumpfpräparation und weist darauf hin, daß derartige Verletzungen rasch zur Entwicklung von Karies führen. Dies wird durch die Tatsache unterstrichen, daß der Approximalraum zu den Prädilektionsstellen für Karies zählt. Eine Schmelzbeschädigung durch diamantierte Instrumente führt zu einer erhöhten Oberflächenrauhigkeit, welche mit einer vermehrten Plaqueansammlung einhergeht (37, 38, 45, 64, 71, 73, 78). Damit ist nicht nur die Voraussetzung für die Entstehung von Karies gegeben, sondern auch für die bakteriell verursachten Gingivitiden und Parodontitiden, für die Plaque der entscheidende ätiologische Faktor ist (36, 39, 40, 62, 63).

Bei der systematischen Beschreibung der Kronenstumpfpräparation werden in der Literatur für den Schritt "Separieren" vor allem zwei Instrumente empfohlen: diamantierte Separierscheiben und lange, spitze Diamantschleifkörper. Veröffentlichungen, die beide Instrumente

in bezug auf die Häufigkeit und das Ausmaß von Verletzungen am Nachbarzahn vergleichen, liegen nicht vor.

KIMMEL (26) hat 1980 eine Übersicht über die von 18 verschiedenen Autoren und einzelnen Herstellerfirmen zusammengestellten Instrumentensätze für die Kronenstumpfpräparation gegeben. Die von BÖTTGER et al., EICHNER et al., KÖRBER, NENTWIG und SCHMEISSNER empfohlenen Sätze enthalten Separierscheiben, die in Verbindung mit mitteltourigen Antriebs- und Übertragungsmitteln bei gleichzeitiger Verwendung von Zungen- und Wangenschutz eingesetzt werden sollen. Die anderen Instrumentenkombinationen kommen ohne derartige Scheiben aus, sie enthalten konische oder zylindrische Schleifkörper zum Separieren.

In den verschiedenen Veröffentlichungen zum Thema der Kronenstumpfpräparation werden für das Trennen der Kontaktpunkte meist unterschiedliche Formen von Separierscheiben und FG-Diamantschleifkörpern empfohlen. Entsprechend differieren auch die Angaben über ihre Handhabung.

Einige Autoren bevorzugen beidseitig diamantierte Separierscheiben. So verwenden EICHNER et al. (10) z.B. beidseitig belegte, starre Scheiben (Nr. 910/200 und 910/220). Es wird geraten, diese nur intermittierend anzusetzen, um ein Einklemmen zu vermeiden, und sie nur

unter direkter Sichtkontrolle und immer mit Zungen- und Wangenschutz zu verwenden. Mit diesen Scheiben wird innerhalb des Zahnes präpariert. JÜDE, KÜHL und ROSSBACH (22) widmen dem Abschnitt "Separieren" große Aufmerksamkeit. Die Trennscheibe (mit Scheibenschutz) wird von ihnen so verwendet, daß innerhalb des zu beschleifenden Zahnes präpariert wird. Disto-approximal werden kelchförmige Scheiben empfohlen. Nach dem Separieren sollte dann mit einseitig belegten Scheiben oder dünnen Diamantschleifkörpern weitergearbeitet werden. Läßt sich die Scheibe schlecht führen - besonders disto-approximal der Molaren -, ist die Gefahr der Verletzung des Nachbarzahnes besonders groß. Die Autoren raten dazu, den Approximalkontakt mit einem Keil aufzuheben und in den Spalt eine einseitig belegte Stahlcarboscheibe einzuführen. Auch JOHNSTON et al. (20) verwenden für den approximalen Schnitt eine Separierscheibe, die sie allerdings nicht näher beschreiben. Sie erwähnen, daß die Präparation bis zum Zahnfleischrand bzw. bis zur Schmelz-Zementgrenze oder evtl. knapp darunter reichen sollte.

In anderen Veröffentlichungen wird der Gebrauch einseitig belegter Trennscheiben empfohlen. Nach NENTWIG (49) sollte mit dünnen, einseitig diamantierten Scheiben bei bis zu 20.000 min^{-1} separiert werden. Er betont, daß erst durch ausreichendes Abtragen von Zahnhartsubstanz mit der Scheibe die Verletzung des Nachbarzahnes auch im

weiteren Präparationsverlauf ausgeschlossen werden kann. Einige Autoren (11, 31, 67) bevorzugen flexible, einseitig belegte Trennscheiben (930/220 und 931/220). EIFFINGER (11) wählt hierfür eine Umdrehungszahl von 10.000 min^{-1}. Wegen eines möglichen Präparationstraumas hält KÖRBER, K. (31) es nicht für statthaft, innerhalb der Zahnhartsubstanz zu präparieren und empfiehlt deshalb, den Kontaktpunkt von außen durch leicht seitliches Ansetzen der Scheibe aufzuheben. Es sollte nicht weiter als bis zum limbus gingivae präpariert werden.

Neben den starren, einseitig diamantierten Scheiben (24) kommen bei einigen Autoren auch einseitig belegte Stahlcarboscheiben (14, 29) zur Anwendung.

Bei FUCHS (14), SHILLINGBURG et al. (69), KULMER et al. (35) und MILLER (43) findet man die Empfehlung, den Approximalkontakt mit langen, dünnen Diamantschleifkörpern aufzuheben. Nur selten wird eine genaue Beschreibung des verwendeten Instrumentes gegeben, wie bei KULMER et al. (35)(star dental - 8P) und bei BAUER (1), der einen Schleifkörper mit einem Durchmesser von 1,8 mm und einem 10 mm langen, grobdiamantierten Arbeitsende (Komet 6859.31) in einem schnellaufenden Winkelstück benutzt. JÜDE et al. (22) beschreiben neben dem Separieren mit diamantierten Scheiben auch das Vorgehen mit dünnen Diamantschleifkörpern in der Turbine. Die ausreichende Kühlung des Schleifers -

besonders im Bereich des Arbeitsendes - soll dadurch erreicht werden, daß die Präparation von der Seite her erfolgt. Der Nachbarzahn muß mit einem Stahlmatrizenband geschützt werden. Diese Empfehlung findet man ebenso bei KIMMEL (27), KÖRBER, K. (31) und MUCKO (46), während EICHNER (9) die Verwendung von Kupferringen vorschlägt, falls zum Separieren keine Scheiben benutzt werden können. GUTOWSKI (16) verwendet eine Diamantspitze bei 300.000 min^{-1}. SHILLINGBURG et al. (70) geben den Hinweis, den konischen Diamanten am Randwulst waagerecht und sonst bei Auf- und Abbewegungen senkrecht zu halten. TYLMAN et al. (74) beschreiben das Separieren als ein Führen der konischen Diamantspitze in bucco-lingualer Richtung im Zahn, wobei zu beachten ist, daß der Abstand zum Nachbarzahn größer als der Durchmesser des verwendeten Schleifkörpers ist.

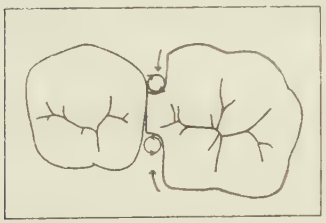


Abb. 2

Neben der Verwendung einer Separierscheibe beschreibt KÖRBER, K. (31) das Vorgehen mit einem zylinderförmigen FG-Diamanten in der Turbine. Abb. 2 zeigt das Einrotieren des Diamanten von oral und vestibulär. Wird die Präparation mit einem Schnellaufwinkelstück bei geringeren Drehzahlen durchgeführt, muß - im Gegensatz zur Präparation mit der Turbine -, die Drehrichtung des Schleifkörpers beachtet werden: Um die

Gefahr einer Verletzung der benachbarten Approximalfläche zu verringern, muß sich der Schleifkörper an der Präparationskante jeweils im Gegenlauf drehen (siehe Abb. 2). In jedem Fall ist der Nachbarzahn ist durch ein Matrizenband zu schützen.

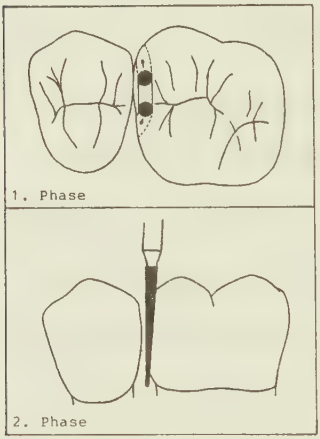


Abb. 3

JØRGEN (21) gibt eine weitere Methode an, um den Kontakt zwischen zwei Zähnen ohne Verletzung des Nachbarzahnes aufzuheben. Mit einem schlanken, konischen Hartmetallbohrer wird an der Schmelz-Dentin-Grenze des approximalen Kastens ein nierenförmiger Schnitt vorgenommen. Der approximale Schmelz wirkt hier als Schutz und wird erst zum Schluß bukkal und oral durchtrennt und dann entfernt. Die definitive Präparationsgrenze wird in einem weiteren Arbeitsschritt angelegt. Diese Phase ist in Abbildung 3 für eine Tangentialpräparation unter Verwendung eines konischen Schleifkörpers dargestellt (2. Phase).

Wenn es trotz aller Vorsichtsmaßnahmen zu einer Schmelzverletzung am Nachbarzahn gekommen ist, so empfiehlt EICHNER (10), diesen Defekt mit Sandpapierscheiben bei ca. 10.000 min^{-1} zu glätten.

III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

1. Beschleifversuche

Zu Beginn der durchgeführten Untersuchungen werden in einer Versuchsreihe die Kontaktpunkte von 60 Kunststoffzähnen zu ihren Nachbarzähnen getrennt. Bezugnehmend auf die von EICHNER (10) und MILLER (43) angegebene Systematik wird hiermit jeweils der erste Schritt einer Kronenstumpfpräparation durchgeführt. Das approximale Beschleifen erfolgt mit drei unterschiedlichen Präparationsinstrumenten (s. III.1.2.). Der Kontakt zwischen zwei Zähnen wird stets vollständig aufgehoben und der Approximalraum so weit geöffnet, daß die bei den angenommenen folgenden Präparationsschritten verwendeten Schleifkörper genügend Abstand zum Nachbarzahn haben würden. Die Beschleifgrenze endet oberhalb der künstlichen Gingiva.

Anschließend wird erstens die ehemalige Kontaktfläche des Nachbarzahnes auf das Vorhandensein von Beschädigungen untersucht und zweitens die Größe der verletzten Fläche ermittelt, um danach die verschiedenen Präparationsmethoden miteinander zu vergleichen.

1.1. Auswahl der zu beschleifenden Zähne

Um für den Vergleich unterschiedlicher Präparationsinstrumente und -techniken reproduzierbare und identische Bedingungen zu schaffen, werden die Beschleifversuche an Frasaco-Kunststoffzähnen(*) im Phantomkopfmodell durchgeführt. Da Verletzungshäufigkeit und -ausmaß in erheblichem Maß von anatomischen Parametern, wie Form und Lage des Kontaktpunktbereiches, Form und Stellung der zu separierenden Zähne , von der Übersichtlichkeit des Präparationsgebietes und nicht zuletzt von unwillkürlichen Bewegungen des Patienten abhängen, scheiden in vivo Versuche genauso wie Versuche mit natürlichen Zähnen im Phantomkopfmodell aus.

Im Rahmen der Vorversuche wurden mit den unter III.1.2. beschriebenen Schleifkörpern in allen vier Quadranten die mesialen Approximalflächen der zweiten Prämolaren, ersten und zweiten Molaren und die distalen Approximalflächen der ersten und zweiten Prämolaren sowie der ersten Molaren beschliffen. Es zeigte sich, daß der Schwierigkeitsgrad der Präparation aufgrund besserer Übersichtlichkeit im Unterkiefer geringer ist. Für den Rechtshänder ist außerdem der 1. Quadrant leichter zugängig als der zweite.

Bei Verwendung planer Separierscheiben war es nicht möglich, die ersten Prämolaren distal ausreichend zu

(*) Franz Sachs & Co. GmbH, D-7992 Tettnang

beschleifen, da der Schaft des Handstückes Berührung mit dem davorliegenden Eckzahn und dem Prämolaren selbst bekam.

Für die Hauptversuche werden im 1. und 4. Quadranten mit jedem der drei verschiedenen Präparierinstrumente jeweils zehn erste Molaren mesio- und disto-approximal beschliffen. Auf diese Weise kommen 120 Approximalflächen der Nachbarzähne zur Auswertung.

1.2. Verwendete Schleifkörper und Art ihrer Anwendung

1.2.1. Konische Diamantspitze

Entsprechend den in der Literatur zum Trennen des Kontaktpunktes angegebenen Diamantschleifern kommt ein Instrument mit der Nr. 314.160.524.015(*) (alte Bezeichnung: 851/015) zur Anwendung (Abb. 4). Die neue Bezeichnung entspricht dem ab 1986 vereinbarten Iso-Normierungssystem. Die ersten drei Ziffern besagen, daß es sich um eine FG-Ausführung (31·) mit normaler Gesamtlänge von 19 mm (··4) handelt. Die Zahl "160" bezeichnet die Kopfform des Instruments, während "524" für die normale Körnung des Diamantbelages steht. Der Kopfdurchmesser des Schleifkörpers beträgt 1,5 mm (015). Eine normale Körnung liegt bei einer Korngröße von D 107 (Angabe nach dem internationalen FEPA-Standard) vor. Die

(*) Drendel + Zweiling GmbH & Co. KG, D-1000 Berlin

Zahl D 107 gibt den größten Durchmesser des einzelnen Diamantkorns in µm an und entspricht der alten Bezeichnung D 100 nach DIN 848 und 140/170 nach US-mesh (7), wobei die letztere Angabe die Größe der Siebmaschen bezeichnet, durch die Diamanten einer bestimmten Größe fallen.

Abb. 4: Konische Diamantspitze (Nr. 314.160.524.015)
24 mm lang

Neben dem verwendeten Diamantschleifkörper werden auch noch schmalere Instrumente mit einem Kopfdurchmesser von nur 1,1 mm angeboten. Vorversuche zeigten, daß es bei ihrem Gebrauch leicht zu Frakturen im Bereich der Spitze kommt (Abb. 5), weshalb sie in den Hauptversuchen keine Berücksichtigung finden.

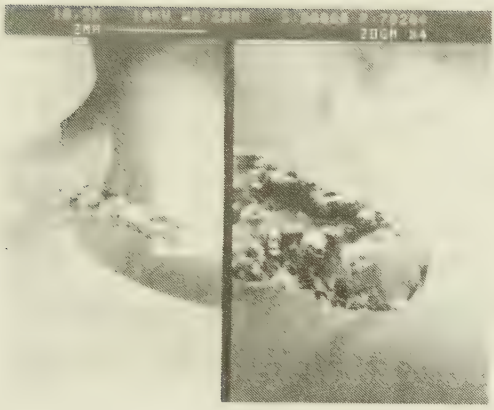


Abb. 5: Schleifkörper Nr. 314.160.524.011
Spitze abgebrochen
Originalvergrößerung: 10,5 mal/ 42 mal

Die Versuchsreihe wird wie folgt durchgeführt: Mit der parallel zur Zahnachse angesetzten Diamantspitze wird von bukkal oder oral beginnend bei leichten Sägebewegungen innerhalb des zu beschleifenden Zahnes präpariert und zwar mit einem Abstand zum Nachbarzahn, der dem Durchmesser des Instruments etwa entspricht (Abb. 6). Die Präparation erfolgt in Verbindung mit einer Turbine (Super Torque) der Firma KaVo(*) bei

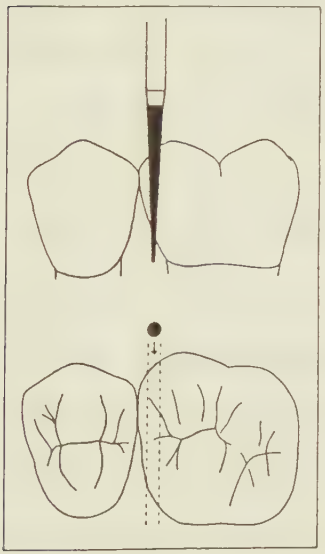


Abb. 6

(*) Kaltenbach & Voigt, D-7950 Biberach/Riss

ca. 300.000 min^{-1} und ausreichender Spraykühlung.

1.2.2. Beidseitig diamantierte Separierscheibe

Tabelle 3 (S. 93) gibt einen Überblick über die verschiedenen Ausführungen beidseitig diamantierter Separierscheiben. Die Scheiben sind jeweils mit einem Durchmesser von 20 oder 22 mm erhältlich. Die sehr flexiblen Scheiben scheiden für die Versuche aus, da sie einen extrem schmalen Schnittkanal (0,17 mm) erzeugen, wodurch eine ausreichende Kühlung an der Schnittstelle erschwert ist. Auch die vollständig diamantierten Trennscheiben werden nicht verwendet. Der Vorteil der nur im Randbereich diamantierten Scheiben liegt darin, daß sie einen Schnittkanal produzieren, der breiter ist als der übrige, unbelegte Teil des Schleifkörpers. Diese Konstruktion verhindert einerseits ein Verklemmen der Scheibe und erleichtert andererseits die Kühlwasserzufuhr, denn der Schnittkanal wird von der Separierscheibe nicht völlig ausgefüllt. Die Versuche werden mit einer starren, nur am Rand belegten Scheibe (Nr. 104.321.524.220, Firma Drendel + Zweiling) durchgeführt. Die letzten drei Ziffern geben ihren Durchmesser mit 22 mm an. Die kleineren Scheiben reichen in den meisten Fällen nicht aus, um den Approximalkontakt auch zervikal ausreichend aufzuheben.

Abbildung 7 zeigt das Vorgehen beim Separieren mit der

beidseitig diamantierten Scheibe. Die Scheibe wird von oral oder bukkal seitlich am Randleistenbereich des zu beschleifenden Zahnes angesetzt. Die Präparation erfolgt - mit intermittierenden Bewegungen - innerhalb des zu beschleifenden Zahnes und zwar mit einem Abstand zum Nachbarzahn von ca. 1 bis 2 mm. Die Scheibe wird in einen Separierkopf mit Wangenschutz auf einem Handstück der Firma KaVo (Intra-Handstück 20 A und Intra-Separierkopf 54 B) montiert und bei ca. 5.000 min^{-1} unter Wasserkühlung verwendet.

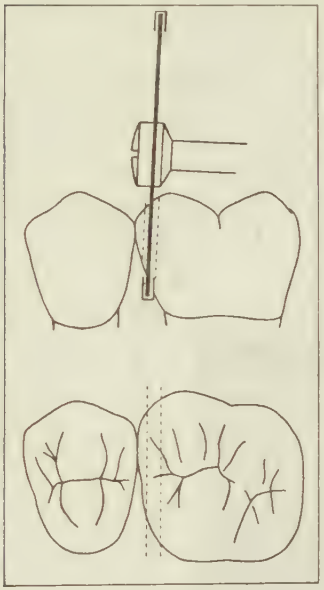


Abb. 7

1.2.3. Einseitig diamantierte Separierscheibe

In Tabelle 4 (S. 94) sind die verschiedenen Typen einseitig diamantierter Scheiben dargestellt. Die flexiblen Trennscheiben schieden wiederum wegen ihres zu schmalen Schnittkanals aus und wegen der durch die Durchbiegung zustande kommenden Ungenauigkeit. Die auf der Kante nicht diamantierten Scheiben erwiesen sich in

Vorversuchen als ungeeignet, den Kontaktpunkt aufzuheben. In Vorversuchen zeigte sich außerdem, daß die einseitig vollständig belegten Separierscheiben mit Perforierungen (.336., .350.) am Nachbarzahn nach Kontakt mit ihrer unbelegten Rückseite Riefen hinterließen. Abbildung 8 ist zu entnehmen, daß sich der Diamantbelag der Vorderseite an den Perforationen bis auf die Rückseite fortsetzt.

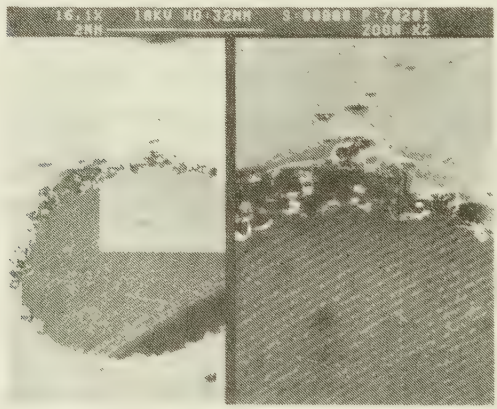


Abb. 8: Diamantbelag auf der "unbelegten" Rückseite einer perforierten Scheibe
Originalvergrößerung: 16,1 mal/ 32,2 mal

Zur Durchführung der Beschleifversuche wird eine unperforierte, nur im Randbereich und an der Kante diamantierte Separierscheibe (Nr. 104.322.524.220, Fa. Drendel + Zweiling) (Abb. 10, S. 26) in Verbindung mit dem unter 1.2.2. erwähnten Handstück verwendet. Sie wird leicht seitlich direkt im Kontaktbereich angesetzt und mit intermittierenden Bewegungen bei leichtem Druck auf

den Nachbarzahn von bukkal nach oral bzw. umgekehrt geführt (Abb. 9). In den Vorversuchen zeigte sich, daß es wichtig ist, die Separierscheibe von der Seite und nicht direkt von okklusal anzusetzen, damit die diamantbelegte Kante der Scheibe nicht mit der Randleiste des Nachbarzahnes in Berührung kommen kann. Mit der einseitig diamantierten Separierscheibe wird nicht, wie in den vorhergehenden Versuchen, innerhalb des Zahnes präpariert, sondern von der Oberfläche her Zahnhartsubstanz abgetragen. Hierbei ist darauf zu achten, daß der unbelegte Teil der Scheibe, besonders zervikal, stets Kontakt mit dem Nachbarzahn behält. Auf diese Weise verhindert man, daß der Schleifkörper beginnt, eine Stufe zu setzen oder einen Schnittkanal zu produzieren, dessen Weiterführung mit einer einseitig belegten Scheibe nicht möglich ist.

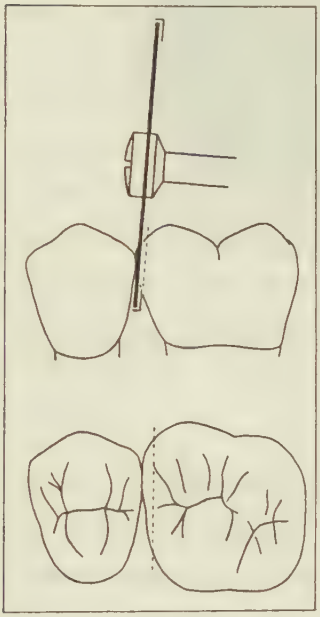


Abb. 9

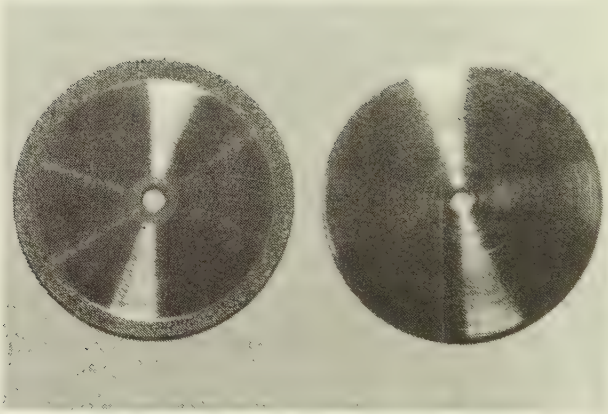


Abb. 10: Einseitig diamantierte Separierscheibe
Nr. 104.322.524.220 (Firma Drendel + Zweiling)

1.3. Beobachtungen während der Beschleifversuche

Bei Betrachtung der beschliffenen Zähne zeigt sich, daß der Substanzverlust bei Verwendung der einseitig diamantierten Separierscheibe, die direkt im Kontaktbereich angesetzt wird, kleiner ist als bei den beiden anderen Separierinstrumenten, mit denen innerhalb der Zahnhartsubstanz präpariert wird.

Weiterhin fällt auf, daß diamantierte Scheiben am zu beschleifenden Zahn eine plane Oberfläche hinterlassen, während der konische FG-Diamantschleifköper eine unebene Fläche erzeugt.

Vergleicht man den vertikalen Platzbedarf der verwendeten Separierscheiben mit dem des langen, konischen Schleifers kommt man zu folgenden Ergebnissen: Während der Abstand von der Schneidekante der Scheibe bis zum höchsten Punkt des Wangenschutzes am Separierkopf ca. 24 mm beträgt, mißt man von der Instrumentenspitze des konischen Schleifkörpers bis zur Oberkante des Behandlungskopfes der Turbine ca. 28 mm. Dieser Unterschied wird dadurch ausgeglichen, daß der FG-Diamant am Zahn stärker von der Seite angesetzt werden kann als die Separierscheibe, so daß sich der Grad der erforderlichen Mundöffnung bei Anwendung der verschiedenen Instrumente nicht wesentlich unterscheidet.

Es wird beobachtet, daß beidseitig diamantierte Trennscheiben Stufenbildungen im zu beschleifenden Zahn begünstigen.

Wie bereits erwähnt (1.1.), zeigte sich im Rahmen der Vorversuche, daß sich beim Frasaco-Modell die distalen Flächen der ersten und z.T. der zweiten Prämolaren mit planen Separierscheiben nicht beschleifen lassen, da der Schaft des Separieraufsatzes auf die mesial stehenden Zähne aufstößt. Neben dieser Beobachtung ergab sich ferner, daß bei Verwendung von Handstücken der Firma Siemens (System 4000, Nr. 4067) (*) sämtliche Distalflächen von planen Separierscheiben nicht erreicht werden können - ein Problem, das auch in vivo auftritt. Die Ur-

(*) Siemens AG, D-6140 Bensheim

sache hierfür liegt in dem zu geringen Winkel zwischen dem vorderen Teil des Handstückschafts und der Separierscheibe (ca. 90°). Der entsprechende Winkel beträgt beim Intra-Handstück der Firma KaVo ca. 110° (Abb. 11). Bei Anwendung kelchförmiger Separierscheiben würden sich die distalen Zahnflächen allerdings ohne Schwierigkeiten beschleifen lassen, nur werden für diesen Scheibentyp weder von der Firma Siemens noch von der Firma KaVo entsprechende Wangenschutzvorrichtungen hergestellt.

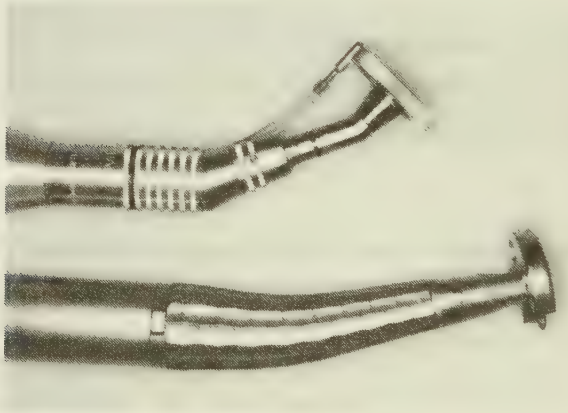


Abb. 11: Handstück mit Separierscheibenaufsatz und Wangenschutz von der Firma KaVo (oben) und von der Firma Siemens, System 4000

1.4. Verletzungen des Nachbarzahnes durch den Diamantbelag der verwendeten Schleifkörper

1.4.1. Häufigkeit

Nach dem Beschleifen der mesialen und distalen Flächen

der Zähne 16 und 46 mit den drei verschiedenen Schleifkörpern werden die Approximalflächen der Nachbarzähne auf mögliche Beschädigungen untersucht. Bei Verwendung der konischen Diamantspitze führten alle zwanzig Beschleifvorgänge am Zahn 16 zu Verletzungen der Nachbarzähne 15 und 17. Im Unterkiefer blieben Zahn 45 einmal und Zahn 47 zweimal unverletzt (Tab. 1).

Auch das Separieren mit der beidseitig belegten Scheibe führte stets zur Verletzung des Nachbarzahnes 17. 15 blieb fünfmal, 47 dreimal und 45 zweimal unbeschädigt.

Bei Verwendung der einseitig und auf der Kante diamantierten Separierscheibe kam es in keinem Fall zu einer Nachbarzahnverletzung durch den Diamantbelag (s. 2.3.).

		Schleifkörper		
Zahn	Fläche	Diamantspitze	beidseitig belegte Scheibe	einseitig belegte Scheibe
15	distal	10	5	0
17	mesial	10	10	0
45	distal	9	8	0
47	mesial	8	7	0

Tab. 1: Anzahl verletzter Nachbarzähne nach approximalem Beschleifen von je zehn ersten Molaren im I. und IV. Quadranten

1.4.2. Flächenbestimmung

1.4.2.1. Meßverfahren (VIDEOPLAN)

Die nach dem Separieren an den Nachbarzähnen verursachten Verletzungen werden durch Überfahren mit einem Graphitstift gut sichtbar gemacht (siehe auch (72)) und unter einem Stereomikroskop fotografiert (Abb. 35 bis 40, S. 111 bis 113). Die Zähne werden dafür in einer Form aus Silikonabdruckmasse fixiert, so daß die Aufnahme aller Zähne eines Typs aus der gleichen Richtung und möglichst senkrecht zur Approximalfläche vorgenommen wird.

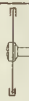
Mit Hilfe des manuellen Bildanalysesystems VIDEOPLAN(*) (Abb. 41, S. 114) ist es möglich, die Größe der verletzten Fläche zu bestimmen. Bei Anwendung dieses Verfahrens wird die Bildvorlage auf ein Meßtablett gelegt, das als Bildaufnehmer fungiert. Durch Abfahren der Begrenzungslinie der Verletzung mit einem kugelschreiberähnlichen Stift kann die Lage von Bildpunkten in Form von Koordinaten erfaßt werden. Das abgetastete Bild wird digitalisiert und die Werte in der angeschlossenen Basis-Recheneinheit verarbeitet. Bei Wahl der entsprechenden Meßfunktion (hier: Flächenmessung) erscheint der errechnete Wert auf dem Videomonitor und kann mit Hilfe des angeschlossenen Druckers ausgedruckt werden. Der Meßfehler des Gerätes bei der Berechnung von Flächen liegt unter 1%.

(*) Firma Kontron Meßgeräte GmbH, D-8057 Eching

HINTERBERGER et al. (18) beschreiben das Meßverfahren im einzelnen: " Unter der Tablettfläche liegen magnetisierte Stahldrähte, die zueinander senkrecht angeordnet sind. Die Enden dieser Drähte reichen in Spulen an den Tablettseiten. Stromimpulse in diesen Spulen führen zu geringfügigen Querschnittsveränderungen in den Stahldrähten, den sogenannten magnetostriktiven Pulsen. Diese breiten sich mit einer konstanten Geschwindigkeit von 5000 m/s längs der Drähte aus und sind unabhängig von Umgebungsbedingungen wie Temperatur, Feuchtigkeit, Schall oder Druck auf die Auswertfläche. ... Mit einer Empfängerspule kann nun die Laufzeit der magnetostriktiven Pulse in x- und y-Richtung gemessen werden. Wegen der konstanten Geschwindigkeit ergibt die elektronische Kurzzeitmessung eine wegproportionale Laufzeit und damit das Koordinatenpaar eines abgetasteten Bildpunktes in absoluten mm-Werten."

1.4.2.2. Ergebnisse

Die Größe der verletzten Bereiche, die durch mesiales und distales Beschleifen der oberen und unteren ersten Molaren mit den drei verschiedenen Instrumenten an den Nachbarzähnen entstanden, gibt Tabelle 2 wieder. Die aufgeführten Werte werden aus den vom Videoplangerät ermittelten Flächeninhalten unter Berücksichtigung der Vergrößerung des Negativs und des am Mikroskop gewählten Vergrößerungsfaktors berechnet.

Zahn		15			17			45			47		
Schleifkörper													
Versuchs-Nr.	1	2.23	0.0	0.0	7.16	3.60	0.0	1.61	0.97	0.0	1.23	0.0	0.0
	2	3.49	3.38	0.0	18.64	9.99	0.0	0.26	1.60	0.0	0.57	5.19	0.0
	3	0.60	1.57	0.0	6.26	4.06	0.0	2.64	0.0	0.0	0.86	3.23	0.0
	4	1.38	0.0	0.0	8.60	5.85	0.0	2.43	0.0	0.0	0.74	2.50	0.0
	5	2.03	0.0	0.0	5.0	6.34	0.0	3.03	0.40	0.0	0.94	0.0	0.0
	6	5.05	2.14	0.0	5.09	1.68	0.0	1.68	0.78	0.0	0.0	1.55	0.0
	7	3.02	0.0	0.0	10.35	3.01	0.0	1.50	0.13	0.0	0.27	0.14	0.0
	8	1.79	5.18	0.0	11.56	22.07	0.0	0.84	1.87	0.0	0.0	5.90	0.0
	9	2.11	0.0	0.0	3.57	9.98	0.0	0.0	1.37	0.0	0.14	0.0	0.0
	10	0.78	5.43	0.0	1.04	23.10	0.0	2.74	2.44	0.0	0.53	1.17	0.0
	$\bar{x}$	2.25	1.77	0.0	7.73	8.97	0.0	1.67	0.95	0.0	0.53	1.97	0.0
	(s)	(1.33)	(2.20)	(0.0)	(4.95)	(7.67)	(0.0)	(1.05)	(0.85)	(0.0)	(0.42)	(2.20)	(0.0)
		verletzte Fläche in mm²											

Tab. 2: Ausdehnung der Nachbarzahnverletzungen (in mm²) nach mesialem und distalem Beschleifen der Zähne 16 und 46

Die flächenmäßig größten Verletzungen treten an Zahn 17 auf, wobei die von der beidseitig diamantierten Separierscheibe angeschliffene Fläche zwischen 1,68 und 23,1 mm² groß ist und sich für die konische Diamantspitze Werte zwischen 1,04 und 18,64 mm² ergeben. Der FG-Schleifkörper verursacht am Zahn 15 Beschädigungen in der Größenordnung zwischen 0,60 und 5,05 mm², am Zahn 45 zwischen 0 und 3,03 mm² und am Zahn 47 zwischen 0 und 1,23 mm². Die Verletzungen, die die beidseitig diamantierte Scheibe hervorruft, weisen am Zahn 47 Werte zwischen 0 und 5,90 mm², am Zahn 45 zwischen 0 und 2,44 mm² und am Zahn 15 zwischen 0 und 5,43 mm² auf. Die Abbildungen 12 bis 15 vermitteln einen Eindruck von der Größe der festgestellten Verletzungen im Verhältnis zur gesamten Approximalfläche.

Abb. 12: Zahn 17: Verletzung nach Separieren mit der konischen Diamantspitze (F= 11,56 mm²)

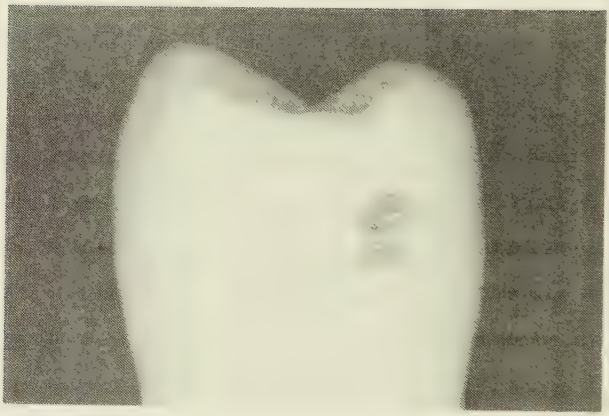


Abb. 13: Zahn 15: Verletzung nach Separieren mit der konischen Diamantspitze (F= 2,11 mm²)

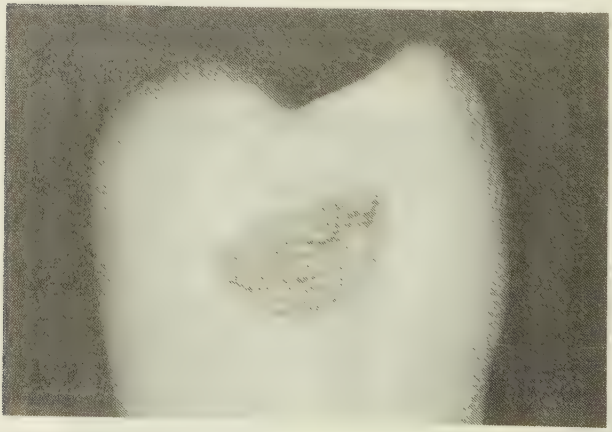


Abb. 14: Zahn 17: Verletzung nach Separieren mit der beidseitig belegten Separierscheibe (F = 9,98 mm²)

Abb. 15: Zahn 45: Verletzung nach Separieren mit der beidseitig belegten Separierscheibe ($F = 1{,}60\ mm^2$)

Mit Hilfe des Mann-Whitney-Tests (Wilcoxon-Test für unabhängige Stichproben) (19, 77) wird eine statistische Auswertung der Meßergebnisse vorgenommen. Der Vergleich der jeweils zehn ausgewerteten Approximalflächen eines Zahntyps in bezug auf den verwendeten Schleifkörper ergibt, daß in allen vier Fällen kein signifikanter Unterschied ($p > 0{,}05$) zwischen der konischen Diamantspitze und der beidseitig diamantierten Separierscheibe besteht. Für beide Instrumente gilt, daß die beschädigte Fläche an Zahn 17 signifikant größer ($p < 0{,}01$) ist als bei den Zähnen 15, 47 und 45, während der Flächenvergleich zwischen 15 und 45 keinen signifikanten Unterschied ($p > 0{,}05$) ergibt. Nur für die konische Diamantspitze gilt, daß Verletzungen am Zahn 47

kleiner ($p < 0,01$) als am Zahn 15 und auch kleiner ($p < 0,05$) als am Zahn 45 sind. Für die Separierscheibe ergeben sich in diesen Fällen keine Unterschiede ($p > 0,05$).

1.5. Oberflächenveränderungen durch die nichtdiamantierte Scheibenrückseite

Die Abbildung 16 zeigt eine Oberflächenveränderung, wie sie nach Verwendung der einseitig und auf der Kante belegten Separierscheibe an benachbarten Approximalflächen zu beobachten ist. Diese durch den Kontakt der unbelegten Scheibenrückseite mit dem Nachbarzahn hervorgerufene Veränderung fällt auf der rasterelektronenmikroskopischen Aufnahme dadurch auf, daß sie glatter ist als die angrenzende Kunststoffoberfläche. Die auf der Abbildung sichtbaren Rauhigkeiten sind herstellungstechnisch bedingt und an allen Frasaco-Zähnen vorhanden. Bei den meisten untersuchten Approximalflächen ist die genaue Abgrenzung der beiden Bereiche nicht möglich.

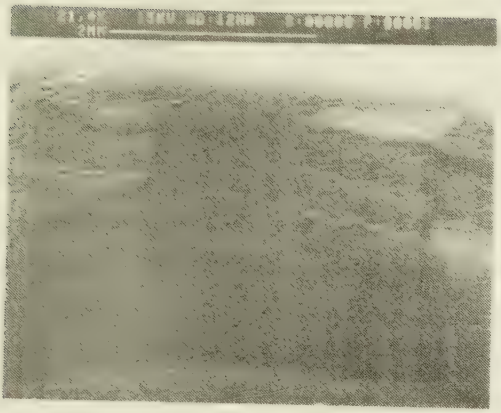


Abb. 16: Oberflächenveränderung am Kunststoffzahn (obere Bildmitte) hervorgerufen von unbelegter Scheibenrückseite
Originalvergrößerung: 21,4 mal

In den Abschnitten 2.2.3. und 3.2.3. werden die möglichen Auswirkungen einer Berührung der Scheibenrückseite mit menschlichem Schmelz untersucht.

2. Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen

Neben der Größe der beim Separieren verursachten Verletzungen ist das Ausmaß der dabei erzeugten Rauhigkeiten ein wichtiger Parameter für die Beurteilung eines gesetzten Schadens. Im folgenden Abschnitt wird u.a. von diamantierten Schleifkörpern verletzter Schmelz unter dem Rasterelektronenmikroskop betrachtet, während in Abschnitt 3. eine quantitative Analyse mit Hilfe der Rauhtiefenmessung erfolgt.

2.1. Arbeitsweise des Rasterelektronenmikroskops (REM) und Vorbereitung der Proben

In der evakuierten Säule des elektronenoptischen Standes wird ein Elektronenstrahl (Primärstrahl) mit elektromagnetischen Linsen zu einem feinen Bündel von weniger als 10 nm Durchmesser fokussiert (Abb. 42, im Anhang). Punkt für Punkt und Zeile für Zeile tastet dieser Strahl die Objektoberfläche ab. Das elektronenoptische Bild auf dem Leuchtschirm wird von einem zweiten Elektronenstrahl (Schreibstrahl) aufgezeichnet. Das Objekt muß gut gereinigt werden und mit einem elektronenleitfähigen Überzug versehen werden. Meist geschieht dies durch Bedampfen mit Kohlenstoff oder Gold in einer Schichtdicke von 30 bis 50 µm. Dabei gehen nur solche Oberflächenstrukturen verloren, die unterhalb des

Auflösungsvermögens des REM liegen (52). Die im folgenden untersuchten Objekte wurden für die Betrachtung unter dem REM (Comp. Stereoscan 100)(*) mit Gold bedampft. Bei Proben aus Zahnschmelz kommt es infolge der Austrocknung beim Bedampfen und durch das Vakuum im REM leicht zu Rißbildungen in der Oberfläche. Aus diesem Grund werden von allen Schmelzoberflächen Replikas hergestellt. Die Abformung erfolgt mit einem additionsvernetzenden Material der Firma Coltene (**) ("president", light body und putty). Danach werden die Negativformen mit Stycast (emerson & cuming europe n.v.), einem Epoxyharz, ausgegossen. Die Aufnahme der in dieser Arbeit verwendeten Fotos erfolgt mit einer Kamera vom Typ Rollex super-Lindhof auf einem Film der Firma Agfa (pan 100 professional).

2.2. Betrachtung von Schmelz

2.2.1. Unverletzter Schmelz

Die Abbildung 17 zeigt einen Ausschnitt der mesialen Schmelzoberfläche eines Molaren. Die hier dargestellte wellenförmige Struktur, als Perikymatien bezeichnet, ist an den Approximalflächen der Seitenzähne häufig zu beobachten.

(*) Fa. Cambridge Instrument, D-4600 Dortmund

(**) Coltene AG, CH-9450 Altstätten

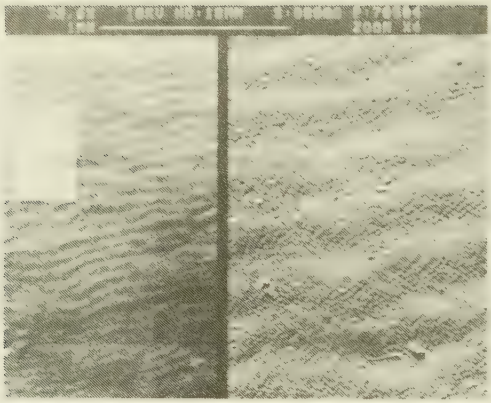


Abb. 17: Zahnschmelz (Approximalbereich)
Originalvergrößerung: 39,6 mal/ 158,4 mal

2.2.2. Mit diamantierten Schleifkörpern verletzter Schmelz

Da die Beurteilung der von diamantierten Schleifkörpern verursachten Oberflächendefekte an menschlichem Schmelz erfolgen soll, werden an extrahierten Zähne künstlich Verletzungen erzeugt. Diese müssen für die anschließende Rauhtiefenmessung möglichst plan und mindestens 2 x 3 mm^2 groß sein. Es werden fünf extrahierte Molaren verwendet, die zuvor in einer 0,1%igen Thymollösung lagerten. Bukkal und mesial werden mit der konischen Diamantspitze und distal und oral mit dem Diamantbelag der Separierscheibe Schleifspuren erzeugt. Es werden dieselben Umdrehungszahlen wie bei den Separierversuchen verwendet und zwar für den Schleifkörper in

der Turbine ca. 300.000 min^{-1} und für die Separierscheibe ca. 5.000 min^{-1}.

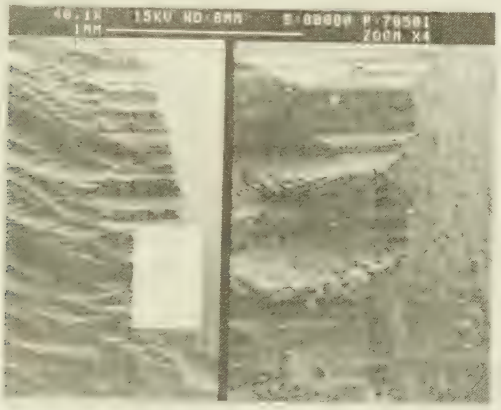


Abb. 18: Schmelzverletzung durch die konische Diamantspitze
Originalvergrößerung: 40,1 mal/ 160,4 mal

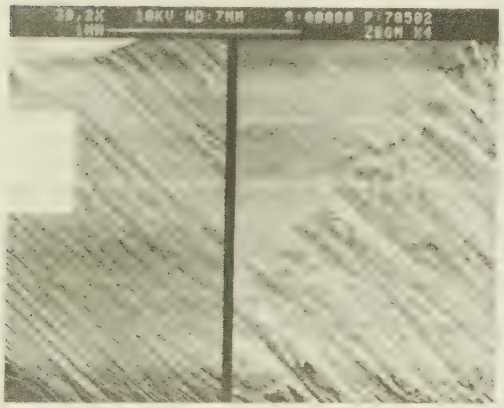


Abb. 19: Schmelzverletzung durch die beidseitig diamantierte Separierscheibe
Originalvergrößerung: 39,2 mal/ 156,8 mal

Die Abbildungen 18 und 19 zeigen, daß beide Schleifkörper erhebliche Oberflächendefekte am Schmelz hinterlassen. Obwohl der Diamantbelag der beiden Instrumente die gleiche Körnung (D 107) aufweist, fällt auf, daß die konische Diamantspitze wesentlich rauhere Verletzungen verursacht (siehe auch 3.2.2.).

2.2.3. Schmelz nach Kontakt mit der nichtdiamantierten Scheibenrückseite

Die Separierversuche an Kunststoffzähnen ergeben, daß die nichtdiamantierte Rückseite der einseitig belegten Scheibe Oberflächenveränderungen an benachbarten Approximalflächen hervorrufen kann. Diese Beobachtung führt zu einem Zusatzversuch, in dem Anhaltspunkte darüber gewonnen werden sollen, ob der Kontakt der rotierenden Scheibenrückseite mit natürlichem Zahnschmelz ähnliche Auswirkungen hat. Hierzu wird diese bei ca. 5.000 min^{-1} und mittlerem Druck und mit Wasserkühlung auf der Schmelzoberfläche vier extrahierter Zähne jeweils 10 Sekunden auf und ab bewegt. Abbildung 20 zeigt, daß die nichtdiamantierte Metalloberfläche auch auf Schmelz Schleifspuren hinterlassen kann. Der bei dieser Versuchsanordnung erzeugte Oberflächendefekt weist jedoch eine deutlich geringere Rauhigkeit auf, als die vom Diamantbelag der beiden anderen Schleifkörper

erzeugten Verletzungen und ist sogar weniger rauh als die Oberfläche von unverletztem Schmelz (siehe 3.2.). Während der Versuchsdurchführung wird beobachtet, daß das Arbeiten mit nur geringem Druck nicht zu Veränderungen an der Schmelzoberfläche führt.

In einem späteren Abschnitt der Arbeit (3.) werden die beobachteten Rauhigkeiten mit Hilfe der Rauhtiefenmessung quantitativ erfaßt.

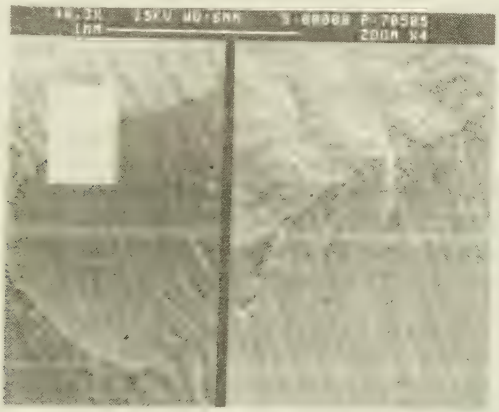


Abb. 20: Schmelzdefekt durch die nichtdiamantierte Separierscheibenrückseite
Originalvergrößerung: 40,3 mal/ 161,2 mal

2.3. Betrachtung der einseitig und auf der Kante diamantierten Separierscheibe

Abbildung 21 stellt den Randbereich der im letzten Teil der Separierversuche verwendeten Scheibe dar. Der Betrachter blickt genau senkrecht auf die Kante. Die Aufnahme läßt erkennen, daß die Kante zur unbelegten Rückseite hin in einer Breite von ca. 50 µm nicht mit Diamanten belegt ist. Dies ist der Grund dafür, daß der Nachbarzahn beim Separieren nicht mit dem Diamantbelag der Scheibe in Berührung kommen kann und so auch keine Verletzungen verursachen kann.

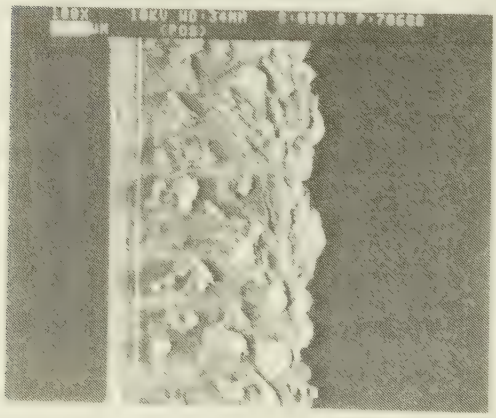


Abb. 21: Kante der einseitig diamantierten Separierscheibe
Originalvergrößerung: 100 mal

3. Rauhtiefenmessung

3.1. Perthometer

Um die Auswirkungen akzidenteller Verletzungen durch verschiedene Schleifkörper auf die Schmelzoberfläche besser vergleichen zu können und um den Effekt von Glättungsmaßnahmen mit Hilfe von Meßwerten zu dokumentieren (4.), werden Oberflächenmessungen nach dem Tastschnittprinzip vorgenommen. Hierfür kommen das Vorschubgerät PFK und das Perthometer C 5 D der Firma Feinprüf (*) zur Anwendung. Das Vorschubgerät ist ein Präzisions-Langwegabtastgerät für das Oberflächenmeßgerät. Es eignet sich für Rauheits-, Welligkeits- und Profilmessungen. Mit Hilfe des Vorschubgerätes wird ein Meßtaster während der Messung mit konstanter Geschwindigkeit auf einer horizontalen Bahn über die zu messende Oberfläche geführt. Die vertikal bewegliche Tastspitze folgt - die Oberfläche ständig berührend - sämtlichen Unebenheiten längs der Taststrecke. Die Bewegungen der Tastspitze werden auf einen elektrischen Meßwertwandler übertragen, der diese in elektrische Meßwerte umwandelt (12). Es wurde ein Einkufenabtastsystem (RHT 3/6-50, Nr. 6110453) mit einem Spitzenkrümmungsradius von 5 µm verwendet. Zur Ermittlung der Rauheitsmeßgrößen und Registrierung der Profile wird ein elektronisches Meß- und Registriergerät benötigt. Ein

(*) Feinprüf GmbH, D-3400 Göttingen

Meßverstärker realisiert die erforderliche Vertikalvergrößerung des ertasteten Profils. Die Wellen- und Rauheitsfilter ermitteln aus dem ertasteten Gesamtprofil die Profile W und R. Das Rauheitsprofil R wird von einem Rechner ausgewertet, die errechneten Oberflächenmeßgrößen Rz, Rmax, Ra, Rp (s.u.) werden gespeichert. Durch Zuschalten eines Profilschreibers kann das Oberflächenprofil aufgezeichnet werden.

3.1.1. Begriffe und Definitionen

Im folgenden sind die für die Auswertung des Rauhigkeitsprofils verwendeten Größen aufgeführt und erläutert. Sie wurden der von der Firma Feinprüf herausgegebenen Broschüre "Oberflächen-Meß- und Registriergeräte" (12) entnommen.

Die Taststrecke lt
ist die Strecke, die der Meßtaster während eines Meßvorganges insgesamt zurücklegt (Abb. 22).

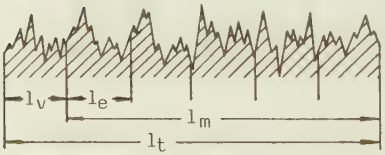


Abb. 22

Die Gesamtmeßstrecke lm
ist der Teil der Taststrecke, der zur Errechnung der Oberflächenmeßgrößen ausgewertet wird.

Die Vorlaufstrecke lv
ist der Teil der Taststrecke, der nicht ausgewertet wird.

Die Einzelmeßstrecke le
ist der fünfte Teil der Gesamtmeßstrecke lm.

Die Grenzwellenlänge λc
ist die Länge der Sinuswelle, deren Amplitude noch mit 75% übertragen wird. Durch Wahl einer Grenzwellenlänge wird festgelegt, welche Gestaltabweichungen dem Welligkeitsprofil W und welche Gestaltabweichungen dem Rauhigkeitsprofil R zugeordnet werden.

Das Rauheitsprofil R
ist das ertastete Profil P nach Filterung mit einem Wellenfilter einer definierten Grenzwellenlänge. Aus dem Rauheitsprofil R werden die Rauheitsmeßgrößen Rz, Rmax, Ra, Rp errechnet.

Die maximale Rauhtiefe Rmax
ist die größte der auf der Gesamtmeßstrecke lm vorkommenden Einzelrauhtiefen Z (Abb. 23).

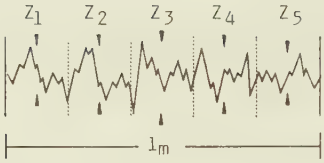


Abb. 23

Die gemittelte Rauhtiefe Rz
ist der Mittelwert aus den Einzelrauhtiefen fünf aufeinanderfolgender Einzelmeßstrecken le .

Die maximale Rauhtiefe Rt
ist der senkrechte Abstand zwischen höchstem und tiefstem Punkt des Rauheitsprofils R innerhalb der Gesamtmeßstrecke (Abb. 24).

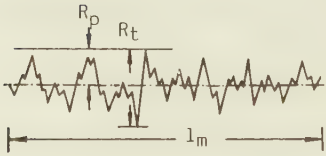


Abb. 24

Die Glättungstiefe Rp
ist der senkrechte Abstand zwischem höchstem Punkt und Mittellinie des Rauheitsprofils R innerhalb der Gesamtmeßstrecke (Abb. 24).

Der Mittenrauhwert Ra
ist der arithmetische Mittelwert aller Abstände des

Rauheitsprofils R von dessen Mittellinie (Abb. 25).

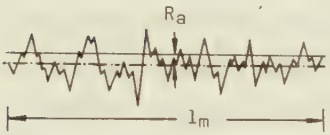


Abb. 25

3.2. Messungen an Schmelz

3.2.1. Unverletzter Schmelz

An fünf Molaren und fünf Prämolaren werden an den mesialen und distalen Approximalflächen Rauhigkeitsmessungen durchgeführt. Mit dem Meßtaster werden pro Fläche je drei Messungen im Kontaktpunktbereich und drei Messungen zervikal vom Kontaktpunktbereich parallel zur Zahnachse an jeweils etwas veränderter Stelle vorgenommen. Die Gesamtmeßstrecke beträgt 2 mm. Entsprechend der Empfehlung der DIN-Norm 4768 für aperiodische Profile wird als Grenzwellenlänge λc = 0,08 mm gewählt. Die ermittelten Werte sind den Tabellen 5 bis 8 im Anhang zu entnehmen (vgl. Abb. 32 bis 34, S. 107 bis 109). Ihre statistische Auswertung mit Hilfe des Mann-Whitney-Tests (Wilcoxon-Test für unabhängige Stichproben) ergibt signifikant ($p < 0,01$) kleinere Rauhigkeitswerte für den approximal-koronalen Schmelz

der Prämolaren als für die zervikalen Bereiche. Dieser Unterschied kann für Molaren nicht nachgewiesen werden. Es kann kein signifikanter ($p > 0,05$) Unterschied zwischen den Oberflächenrauhigkeiten der Molaren und Prämolaren festgestellt werden. Die Zusammenfassung aller Meßdaten führt zu folgenden mittleren Rauhigkeitswerten für approximalen Schmelz im Molaren- und Prämolarenbereich:

$\bar{R}z$ = 2,50 µm (s = 0,63 µm)

$\bar{R}max$= 3,28 µm (s = 0,84 µm)

$\bar{R}a$ = 0,44 µm (s = 0,13 µm) (vgl. Abb. 31.a, S. 60).

3.2.2. Mit diamantierten Schleifkörpern verletzter Schmelz

Die mit der konischen Diamantspitze und der Separierscheibe bearbeiteten Schmelzbereiche (siehe 2.2.2.) werden mit dem Abtastsystem jeweils fünfmal an etwas veränderter Stelle senkrecht zu den schon makroskopische sichtbaren Riefen abgefahren. Bei einer Gesamtmeßstrecke von 2 mm und der Grenzwellenlänge λc = 0,08 mm betragen die vom FG-Diamanten verursachten und in den Tabellen 9 und 10 (S. 99, 100) protokollierten Rauhtiefenwerte im Mittel:

$\bar{R}z$ = 9,20 µm (s = 1,37 µm)

$\bar{R}max$= 11,66 µm (s = 2,22 µm)

$\bar{R}a$ = 1,68 µm (s = 0,27 µm) (Abb. 31.b, S. 60),

während sich für die beidseitig belegte Separierscheibe folgende mittleren Rauhtiefenwerte ergeben:

$\bar{R}z$ = 6,03 µm (s = 0,78 µm)

$\bar{R}max$= 7,33 µm (s = 1,04 µm)

$\bar{R}a$ = 1,01 µm (s = 0,20 µm) (Abb. 31.c, S. 60).

Die von den beiden Instrumenten erzeugten Rauhigkeiten unterscheiden sich signifikant ($p < 0,01$) voneinander.

3.2.3. Schmelz nach Kontakt mit der nichtdiamantierten Scheibenrückseite

Die mit der unbelegten Scheibenrückseite an menschlichem Zahnschmelz erzeugten Oberflächenverletzungen (siehe 2.2.3.) werden in gleicher Weise wie unter 3.2.2. beschrieben auf ihre Rauhigkeit überprüft (Tab. 11, im Anhang). Aus den Meßdaten ergeben sich folgende Mittelwerte:

$\bar{R}z$ = 1,60 µm (s = 0,30 µm)

$\bar{R}max$= 2,05 µm (s = 0,54 µm)

$\bar{R}a$ = 0,24 µm (s = 0,04 µm).

Abbildung 26 stellt ein entsprechendes Rauhigkeitsprofil dar. Der Unterschied zu den für die vom Diamantbelag der beiden anderen Schleifkörper erzeugten Rauhigkeiten ist signifikant ($p < 0,01$). Außerdem sind die gemessenen Werte kleiner als die für unverletzten

unverletzten Schmelz ermittelten ($p < 0,01$).

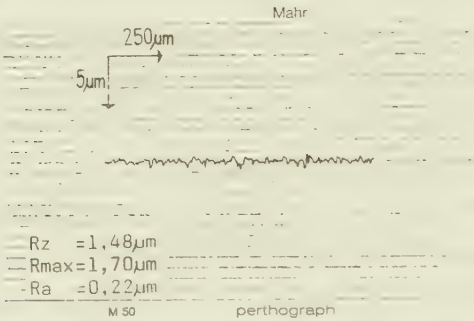


Abb. 26: Rauhigkeitsprofil eines Schmelzdefektes hervorgerufen durch die unbelegte Scheibenrückseite

3.3. Rauhigkeit der nichtdiamantierten Rückseite der Separierscheibe

Die unbelegte Scheibenrückseite zeigte schon makroskopisch sichtbare kreisförmige, konzentrische Rillen (Abb. 10, S. 26). Diese sind herstellungstechnisch bedingt: Bei der Fertigung diamantierter Separierscheiben kommt es zur Bildung einer störenden Oxidschicht, die in einem letzten Arbeitsgang entfernt wird, indem die rotierende Scheibe mit Nullpapier in Kontakt gebracht wird (6). Um die Oberflächenrauhigkeit zu erfassen, wird die Rückseite von drei Separierscheiben jeweils fünfmal mit dem Meßtaster radial abgefahren. Die Rauhtiefenwerte sind Tabelle 12 (im Anhang) zu entnehmen, Abbildung 27

stellt ein entsprechendes Rauhigkeitsprofil dar. Es werden folgende Mittelwerte berechnet:

$\bar{R}z$ = 1,36 µm (s = 0,41 µm)

$\bar{R}max$= 1,96 µm (s = 0,82 µm)

$\bar{R}a$ = 0,14 µm (s = 0,05 µm).

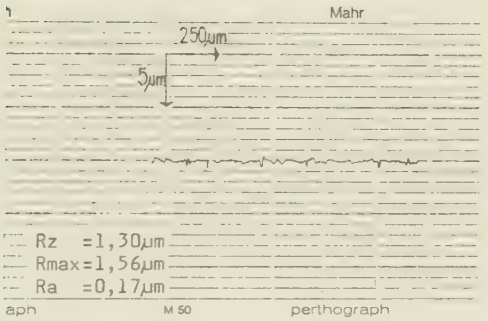


Abb. 27: Rauhigkeitsprofil der nichtdiamantierten Scheibenrückseite

4. Glätten verletzter Schmelzoberflächen mit Sandpapierscheiben und mit flexiblen Aluminiumoxidscheiben

4.1. Verfahren

An den für die Rauhtiefenmessungen vorbereiteten extrahierten Zähnen (2.2.2.), bukkal und mesial mit der konischen Diamantspitze sowie oral und distal mit der beidseitig belegten Separierscheibe bearbeitet, sollen mit zwei verschiedenen Polierscheibensystemen Glättungsversuche durchgeführt werden. Die oral und bukkal verletzten Flächen werden mit Sandpapierscheiben (Ruwa discs)(*) der Körnungen mittel, fein, x-fein, xx-fein poliert, während die mesial und distal verletzten Flächen mit unterschiedlich gekörnten, flexiblen Aluminiumoxidscheiben (Soflexscheiben: coarse, medium, fine, super fine)(**) geglättet werden. Der Belag der Sandpapierscheiben besteht aus Edelkorund, die Scheiben der Körnung xx-fein sind mit pulverisiertem Tintenfischknochen belegt. Jede verletzte Zahnfläche wird nacheinander mit vier fabrikneuen, unterschiedlich groben Polierscheiben jeweils 15 Sekunden bearbeitet. Die Politur erfolgt unter Wasserkühlung bei ca. 800 min^{-1}. An die Bestimmung der Rauhigkeit des polierten Schmelzes (4.3.) schließt sich die Herstellung von Replikas für die Untersuchung unter dem REM (4.2.) an.

(*) Howmedica International LTD., London (GB)
(**) 3 M Deutschland GmbH, D-4040 Neuss

Obwohl die vom FG-Diamantschleifkörper verletzten Schmelzflächen wesentlich rauher sind als die von der beidseitig diamantierten Scheibe verletzten Bereiche, ergibt die statistische Analyse der ermittelten Rauhtiefenwerte (Mann-Whitney-Test) für beide Polierscheibensysteme, daß die Ausgangsrauhigkeit ohne Einfluß auf die Glättungsergebnisse ist ($p > 0,05$). Deshalb werden für eine zweite Versuchsreihe, in der die Polierdauer erhöht wird, nur noch mit der Diamantspitze Rauhigkeiten auf den mesialen und bukkalen Schmelzbereichen erzeugt. Da die Präparationstiefe ohne Einfluß auf die Rauhigkeitswerte ist (80), können dieselben Zähne verwendet werden. Die eine Hälfte der Zahnflächen wird nun wiederum mit Sandpapierscheiben, die andere mit Soflexscheiben feiner werdender Körnung poliert, diesmal jedoch nicht 15 Sekunden, sondern 30 Sekunden lang.

4.2. REM-Untersuchung

4.2.1. Sandpapier- und Soflexscheiben

Die Oberflächenbeschaffenheit der verwendeten Polierscheiben ist auf den Abbildungen 43.a bis d und 44.a bis d (im Anhang) dargestellt. Mit Hilfe des Rasterelektronenmikroskops kann ein Größenbereich für den durchschnittlichen Partikeldurchmesser des Belages entsprechend den Körnungsbezeichnungen ermittelt werden.

Es ergeben sich für Sandpapierscheiben deutlich höhere Werte als für Soflexscheiben:

Sandpapierscheiben		Soflexscheiben	
	Korngrößen	Korngrößen	
mittel	ca. 250 µm	ca. 120 µm	coarse
fein	ca. 100 µm	ca. 35 µm	medium
x-fein	ca. 60 µm	ca. 15 µm	fine
xx-fein	ca. 30 µm	ca. 5 µm	super fine

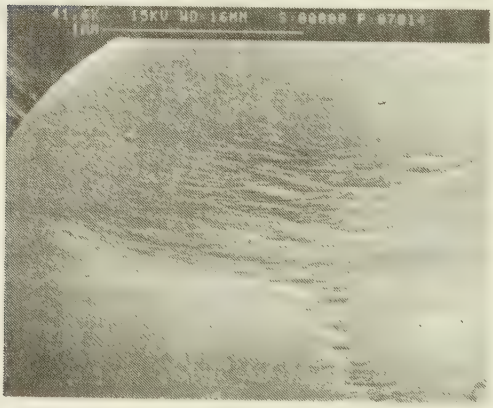


Abb. 28: Unvollständige Schmelzglättung
(Polierdauer: 4 mal 15 sec)
Originalvergrößerung: 41,6 mal

4.2.2. Geglätteter Schmelz

Bei einer Polierdauer von 15 Sekunden lassen sich auf den meisten Zahnflächen die Spuren der diamantierten Schleifkörper vollständig beseitigen. Wenn die verletzten Flächen jedoch nicht plan sind, sondern tiefere Rillen aufweisen, bleiben hier nach der Politur Rauhigkeiten zurück (Abb. 28). Wird dagegen 30 Sekunden poliert, verschwinden auch diese Rauhigkeiten, wie die Abbildungen 29 und 30 zeigen.

Abb. 29: Schmelz nach Glättung mit Sandpapierscheiben (Polierdauer: 4 mal 30 sec)
Originalvergrößerung: 41,1 mal

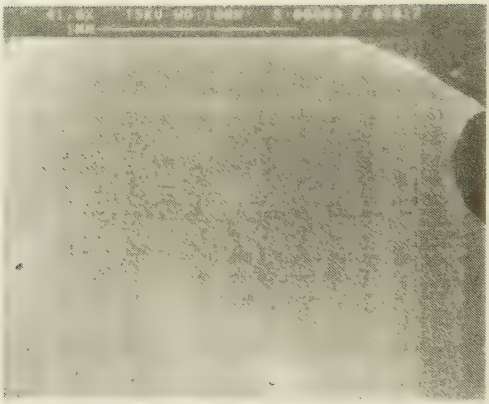


Abb. 30: Schmelz nach Glättung mit Soflexscheiben (Polierdauer: 4 mal 30 sec)
Originalvergrößerung: 41,6 mal

4.3. Rauhtiefenmessung

4.3.1. Schmelzglättung bei einer Polierdauer von 4 mal 15 Sekunden

Jeder der 20 mit Polierscheiben geglätteten Schmelzbereiche wird fünfmal mit dem Meßtaster des Perthometers senkrecht zu möglicherweise zurückgebliebenen Riefen und an jeweils etwas veränderter Stelle abgefahren. Die Gesamtmeßstrecke beträgt 2 mm, die Grenzwellenlänge λc = 0,08 mm. Die Glättung mit Sandpapierscheiben ergibt folgende mittleren Rauhtiefenwerte (Tab. 13 im Anhang):

$\bar{R}z$ = 0,99 µm (s = 0,22 µm)

$\bar{R}max$= 1,35 µm (s = 0,49 µm)

$\bar{R}a$ = 0,12 µm (s = 0,03 µm).

Im Vergleich zu den mit Soflexscheiben erzielten Rauhtiefenwerten (Tab. 14 im Anhang):

$\bar{R}z$ = 0,90 µm (s = 0,50 µm)

$\bar{R}max$= 1,25 µm (s = 0,69 µm)

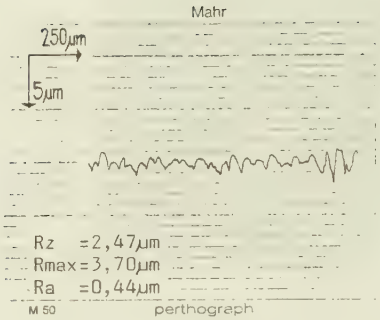
$\bar{R}a$ = 0,09 µm (s = 0,06 µm)

ergibt sich lediglich im Ra-Wert ein signifikanter Unterschied ($p < 0,05$).

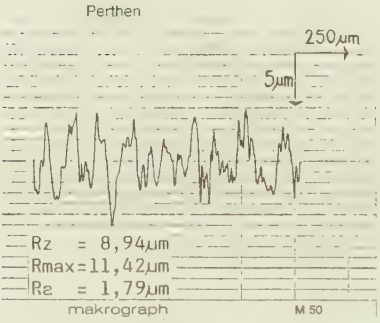
4.3.2. Schmelzglättung bei einer Polierdauer von 4 mal 30 Sekunden

Weitere zehn Proben, fünf davon mit Sandpapierscheiben und fünf mit Soflexscheiben jeweils 30 Sekunden lang poliert, werden in gleicher Weise wie unter 4.3.1. beschrieben auf ihre Rauhigkeit untersucht. Die Grenzwellenlänge muß bei einigen Messungen auf λc = 0,25 mm umgestellt werden, da der Rz-Wert kleiner als 0,5 µm ausfällt.

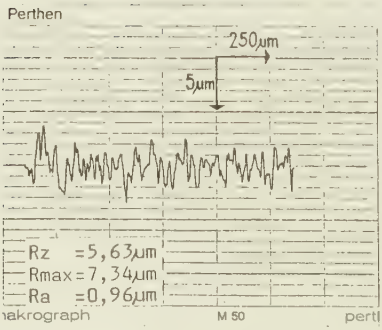
Abb. 31:
Rauhigkeitsprofile von Schmelz



a. unverletzter Schmelz

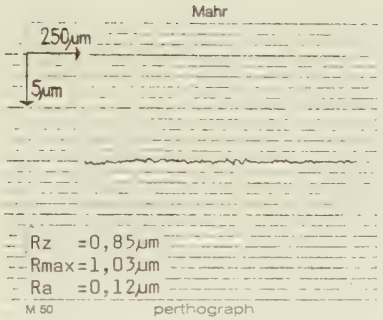


b. nach Verletzung mit einem diamantierten FG-Schleifkörper

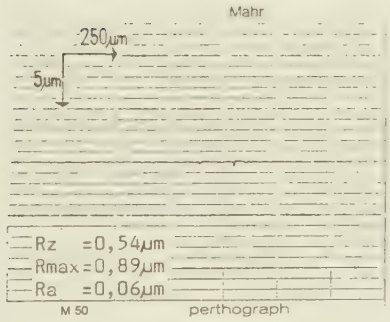


c. nach Verletzung mit einer beidseitig diamantierten Separierscheibe

Abb. 31:
Rauhigkeitsprofile von Schmelz



d. mit Sandpapierscheiben geglätteter Schmelz
Polierdauer: 4 mal 30 sec



e. mit Soflexscheiben geglätteter Schmelz
Polierdauer: 4 mal 30 sec

Die Steigerung der Polierdauer hat bei Verwendung der Sandpapierscheiben keinen Einfluß ($p > 0,05$) auf die erzielte Oberflächenglätte. Folgende Rauhtiefenwerte werden gemessen (Tab. 15 im Anhang):

$\bar{R}z$ = 0,98 µm (s = 0,22 µm)

$\bar{R}max$ = 1,26 µm (s = 0,38 µm)

$\bar{R}a$ = 0,12 µm (s = 0,03 µm) (Abb. 31.d).

Im Gegensatz zu diesen Werten können mit Soflexscheiben bei längerer Polierdauer signifikant ($p < 0,01$) niedrigere Rauhtiefenwerte erzielt werden (Tab. 16 im Anhang):

$\bar{R}z$ = 0,57 µm (s = 0,15 µm)

$\bar{R}max$= 0,88 µm (s = 0,39 µm)

$\bar{R}a$ = 0,06 µm (s = 0,02 µm) (Abb. 31.e).

Die Rauhigkeitswerte Rmax und Rz fallen geringer aus als die für Soflexscheiben unter 4.3.1. ermittelten Werte ($p < 0,05$).

IV. DISKUSSION

1. Verletzungen des Nachbarzahnes beim Separieren

Beim Separieren von Kunststoffzähnen im Phantomkopfmodell mit Hilfe einer beidseitig diamantierten Separierscheibe oder eines dünnen, konischen Diamantschleifkörpers ließ sich eine Verletzung des Nachbarzahnes nur in wenigen Fällen verhindern. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß für die Versuche nahezu optimale Bedingungen vorlagen. Es konnnten ohne Zeitvorgabe gleiche Zähne beschliffen werden, wobei störende Patientenbewegungen ausgeschlossen waren. Das Beschädigen des Schmelzes blieb bei der Präparation häufig unbemerkt. Beim Präparieren von Klasse-II-Kavitäten in natürlichen Zähnen haben auch BOYDE und KNIGHT (2) beobachtet, daß ein versehentliches Verletzen des Nachbarzahnes erst zufällig bei der Betrachtung unter dem Rasterelektronenmikroskop erkannt wird und nicht schon bei der Präparation. So muß vermutet werden, daß es weit häufiger zu Schmelzverletzungen kommt, als allgemein angenommen wird.

Die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit ergaben weiterhin, daß sich die beidseitig diamantierte Separierscheibe und der FG-Diamantschleifkörper in bezug auf die Größe der von ihnen gesetzten Verletzungen nicht

unterscheiden. Bei beiden Instrumenten wurden die großflächigsten Beschädigungen im Molarenbereich des Oberkiefers beobachtet. Entscheidend hierfür dürfte sein, daß dieser Bereich bei indirektem wie bei direktem Arbeiten schlechter einsehbar und auch schlechter erreichbar ist als die übrigen Abschnitte der Zahnreihen.

Bei vielen Autoren (2, 27, 31, 46) findet man die Empfehlung, den Nachbarzahn in der Phase des Separierens mit Hilfe eines Matrizenbandes zu schützen. Im besonders schwer zu präparierenden Bereich der Molaren muß die Wirksamkeit dieser Maßnahme allerdings angezweifelt werden. Zum einen werden Sicht- und Platzverhältnisse stark eingeschränkt, zum anderen setzt ein ca. 0,05 mm starkes Matrizenband einem Diamantschleifkörper nur wenig Widerstand entgegen (74). Für alle weiteren Präparationsschritte, wie das Beschleifen der Okklusal-, Bukkal- und Oralflächen, das Legen einer eindeutigen Präparationsgrenze und das anschließende Finieren kann es in einigen Fällen nützlich sein, den Nachbarzahn mit einem Matrizenband zu schützen. Hierfür eignet sich das Automatrixsystem (*) besonders gut, da es ohne voluminösen Halter auskommt.

In bezug auf die Reihenfolge der einzelnen Präparationsschritte wird von einigen Autoren (13, 22, 23, 70) vorgeschlagen, die Okklusalfläche vor dem Separieren

(*) J. D. Caulk Company, Milford, Delaware USA

abzutragen. So kann die Übersicht beim Trennen der Kontaktpunkte zwar erhöht werden, die Gefahr der Nachbarzahnverletzung verlagert sich jetzt allerdings teilweise auf den Schritt der okklusalen Reduktion im Randleistenbereich. Hierbei muß der Schleifkörper sehr nah am Nachbarzahn entlanggeführt werden. Hebt man dagegen zuerst den Approximalkontakt auf, läßt sich danach problemlos die okklusale Fläche beschleifen und so die Übersicht für die zirkuläre Präparation schaffen.

2. Temperaturerhöhungen beim Separieren

Für den Vergleich verschiedener für die Kontaktpunkttrennung geeigneter Präparationsinstrumente und -techniken ist neben der Möglichkeit, mit ihnen Verletzungen am Nachbarzahn zu setzen, auch zu berücksichtigen, ob ihre Anwendung pulpenschädigende Temperaturerhöhungen am zu beschleifenden Zahn hervorrufen kann.

Werden die Kontaktpunkte mit langen, spitzen FG-Diamanten getrennt, muß damit gerechnet werden, daß im Schnittkanal eine pulpenschädigende Temperaturerhöhung auftritt. EICHNER et al. (10), EIFFINGER (11), GOFFART (15), VOSS (76) und SCHULZ (68) raten deshalb davon ab, konische Diamantspitzen zum Separieren zu benutzen. Da der Spraystrahl bei 19 mm auf einen

Schleifkörper auftrifft, wird die Spitze über 19 mm langer Instrumente nicht ausreichend gekühlt (10, 15, 48). Außerdem kommt es in dem schmalen Schnittkanal leicht zu Hitzeentwicklungen (11), denn die im Präparationsfeld vorhandene Wassermenge ist zu gering (68), um eine ausreichende Wärmeabfuhr zu gewährleisten (76). Untersuchungen von SCHULZ (68) haben ergeben, daß es auf diese Weise leicht zu Temperaturerhöhungen um 10 Grad Celsius kommt, wobei ab 6 Grad schon mit einer irreversiblen Pulpenschädigung gerechnet werden muß. Trifft der Spraystrahl auf den Zahn auf, und erreicht er die Schnittfläche des Diamanten nicht, kann es sogar zu Temperaturerhöhungen um 12,6 Grad Celsius kommen. Bei der Scheibenschnitt-Technik, also dem kalottenförmigen Abpräparieren der Approximalfläche, konnte SCHULZ unter Verwendung einer flexiblen, einseitig und auf der Kante belegten Separierscheibe bei 10.000 min^{-1} und bei einem Druck von 100 p Temperaturerhöhungen von lediglich 0,9 Grad beobachten. Unter gleichen Bedingungen ergab sich bei der Scheibenschliff-Technik eine Erhöhung um 1,3 Grad Celsius. Dies entspricht den Ergebnissen tierexperimenteller Untersuchungen von KLÖTZER und LANGELAND (30), die bei beiden Techniken nur ausnahmsweise leichte oder mittlere Reaktionen der Pulpa feststellen konnten.

3. Rauhtiefenmessungen

Für die Beurteilung der in dieser Arbeit ermittelten Rauhigkeitswerte sollten stets gleichzeitig das Rauhigkeitsprofil und die rasterelektronenmikroskopische Aufnahme herangezogen werden. Rauhigkeitswerte allein sagen nichts über die Anzahl der Erhebungen und Vertiefungen pro Längeneinheit der zu untersuchenden Oberfläche aus. VOLCHANSKY (75) bezeichnet diese Größe als "peak frequency", der DIN-Entwurf 4762 als "Profilunregelmäßigkeitsdichte". Eine andere Möglichkeit, Oberflächenverhältnisse zu erfassen, geben RABE et al. (61) mit dem von ihnen als Produkt aus Rauhtiefe (Rt) und Profilunregelmäßigkeitsdichte eingeführten "Zerklüftungsfaktor" an.

Obwohl der Zusammenhang zwischen Rauhigkeit und Plaqueakkumulation nachgewiesen werden konnte (37, 38, 45, 64, 71, 73, 78), ist bisher noch nicht im einzelnen geklärt, in welcher Weise die Parameter Rauhtiefe und Profilunregelmäßigkeitsdichte das Ausmaß der Besiedelung der Oberfläche mit Plaque beeinflussen. Wenn man bedenkt , daß der Durchmesser von Mikroorganismen, die für die Entstehung von Karies verantwortlich gemacht werden, weniger als 2 µm beträgt (3), wird klar, daß es bei den von diamantierten Schleifkörpern verursachten Rauhigkeiten (s.u.) über eine Plaquebesiedelung leicht zur Entwicklung von Karies kommen kann. Die Studie von

McDOUGALL (42) weist in diesem Zusammenhang darauf hin, daß es selbst bei guter Mundhygiene nicht möglich sein dürfte, die Plaque aus derartigen Oberflächendefekten zu entfernen.

Vergleicht man von der nichtdiamantierten Separierscheibenrückseite hervorgerufene Oberflächendefekte ($\bar{R}z$ = 1,6 µm) mit unverletztem approximalem Schmelz ($\bar{R}z$ = 2,5 µm), kann davon ausgegangen werden, daß sich der Grad der Plaqueakkumulation auf beiden Flächen nicht wesentlich unterscheidet. Hierüber liegen bisher keine klinischen Untersuchungen vor. In weiteren Studien sollte jedoch überprüft werden, ob sich die von der Scheibenrückseite verursachten Defekte bei Verwendung hochglanzpolierter Scheiben, wie MUCKO (46) sie beschreibt, nicht völlig vermeiden ließen.

Trotz gleicher Korngröße des Diamantbelages weisen Schmelzverletzungen durch FG-Diamanten ($\bar{R}z$ = 9,2 µm) signifikant höhere Rauhtiefenwerte auf als Verletzungen, die von beidseitig diamantierten Scheiben verursacht werden ($\bar{R}z$ = 6,0 µm). Dies läßt sich möglicherweise damit erklären, daß alle Diamantpartikel des FG-Diamanten stets in einer Richtung - senkrecht zur Instrumentenachse - die Schmelzoberfläche bearbeiten. Jede Rille im Schmelz kann als Abtragungsspur eines Diamantkorns betrachtet werden (80). So entstehen ausgeprägte Schleifrillen, selbst wenn der Schleifkörper in

vertikaler Richtung bewegt wird. Die Bewegung der Separierscheibe dagegen führt dazu, daß die Diamantpartikel die Bahn der benachbarten Partikel kreuzen und dabei vorher erzeugte Riefen wieder etwas einebnen.

Die von anderen Autoren ermittelten Rauhtiefenwerte von mit Diamantschleifkörpern bearbeitetem Schmelz (8, 15, 55, 80) fallen noch größer als die in dieser Untersuchung gemessenen Werte aus. Ein Vergleich der Werte ist nur bedingt möglich (80), denn in den meisten Publikationen fehlen zum einen Angaben über die Korngröße des Diamantbelages und zum anderen wichtige Kenngrößen der Rauhigkeitsmessung wie Wellenfilter, Bezugslänge, Bezeichnung der Meßgröße und Meßrichtung. Während die Rauhigkeitswerte nicht von der Umdrehungszahl des verwendeten Schleifkörpers abhängen (5, 53, 58), führt die Anwendung größeren Druckes zu rauheren Oberflächen (53).

4. Glättung verletzter Bereiche mit Polierscheiben

In mehreren Versuchsreihen konnte gezeigt werden, daß sich akzidentelle Schmelzverletzungen in vitro und bei ausreichender Polierdauer mit Polierscheiben wie Sandpapierscheiben oder aluminiumoxidbeschichteten Scheiben beseitigen lassen. Es wurden dabei nacheinander mehrere Scheiben feiner werdender Körnung

verwendet, da auf diese Weise glattere Oberflächen erzielt werden als bei Politur ausschließlich mit Scheiben des feinen Typs (54). Die glattesten Schmelzoberflächen lassen sich mit Soflexscheiben erzielen ($\overline{R}a$ = 0,06 µm). Dies entspricht etwa den von KULLMANN (33) und KULLMANN und TRIADAN (34) angegebenen $\overline{R}a$-Werten, die bei 0,09 µm liegen.

Die vorliegende Untersuchung zeigt, daß die mit Sandpapierscheiben geglätteten Flächen weniger glatt sind ($\overline{R}a$ = 0,12 µm). Der Grund dafür liegt darin, daß die Soflexscheiben der verschiedenen Körnungen stets mit einem feineren Belag versehen sind als die entsprechenden Sandpapierscheiben, wobei die Partikelgröße der beiden feinsten Polierscheiben hierfür die entscheidende Rolle spielen dürfte. PEARSON et al. (56) geben für Soflexscheiben mit der Bezeichnung "fine" die Korngröße des abrasiven Materials mit 3 bis 9 µm und für die Scheiben "super fine" mit 1 bis 7 µm an, was den in dieser Arbeit ermittelten Werten entspricht.

Akzidentell verletzter Schmelz weist nach der Politur eine glattere Oberfläche auf als völlig unverletzter approximaler Schmelz, für den eigene Messungen zu einem Rauhigkeitswert von $\overline{R}a$ = 0,4 µm führten, während MIERAU und WÜSTEFELD (44) $\overline{R}a$ mit ca. 2,1 µm angeben. Auch PELLET (57) und GOFFART (15) haben mit Soflex- bzw. Sandpapierscheiben sehr glatte Oberflächen erzielen

können. Trotzdem wirft die Schmelzglättung nach akzidenteller Verletzung in vivo einige Fragen auf. Das Polieren ist unabhängig vom verwendeten Instrument ein abrasives Verfahren (57). Bei Verwendung von Polierscheiben wird auch eine Schicht des unverletzten, umgebenden Schmelzes abgetragen, womit die äußere fluoridreichste (4, 79) und härteste (51, 59) Schmelzschicht auf einer großen Fläche verlorengeht. Die darunterliegende Schmelzschicht ist weniger kariesresistent (50). Durch Behandlung mit Fluorpräparaten sollte die Widerstandsfähigkeit des polierten Schmelzes gegen einen Säureangriff erhöht werden. MÜHLEMANN et al. (47) sowie LUTZ (41) konnten zeigen, daß die Fluoridaufnahme aus Aminfluoridlösungen sehr günstig abläuft und außerdem die durch diese Fluorverbindung gebildete Deckschicht gegen Auswaschungen relativ resistent ist. Allerdings müssen Fluoridapplikationen regelmäßig wiederholt werden.

Wenn auch die vorliegenden Versuchsreihen gezeigt haben, daß sich Schmelzverletzungen mit Hilfe von Sandpapier- oder Soflexscheiben in vitro völlig beseitigen lassen, so ergeben sich in vivo oft Schwierigkeiten, derartige Beschädigungen im Approximalraum, besonders wenn sie zervikal liegen, mit Polierscheiben zu erreichen.

5. Alternativen zu Polierscheiben

Im Vergleich mit Polierscheiben führen Diamant- oder Hartmetallfinierer nicht zu ähnlich guten Glättungsergebnissen (33, 57). Außerdem besteht bei beiden Instrumenten die Gefahr, auf der Zahnoberfläche Konkavitäten zu erzeugen, in denen es gerade im Approximalraum leicht zur Plaqueakkumulation kommen wird.

Für die Glättung schwer zugänglicher Schmelzdefekte eignen sich möglicherweise die flexiblen Feilen des Proxoshape-Sets (*), wenn anschließend noch eine Politur mit Finishing strips vorgenommen wird. Dieses Verfahren, das KREJCI und LUTZ (32) für das Ausarbeiten approximaler Kompositfüllungen angeben, sollte jedoch zunächst auf seine Effektivität bei der Schmelzglättung überprüft werden.

Ist es zu größeren Schmelzdefekten gekommen, die sich mit Polierscheiben nicht mehr glätten lassen, besteht die Möglichkeit, den Defekt mit Kompositmaterial bei Anwendung der Schmelz-Ätz-Technik zu versiegeln. Voraussetzung ist jedoch, daß bei absoluter Trockenlegung (Kofferdam) gearbeitet werden kann. Die Versiegelung kann so in vielen Fällen eine Alternative zur Präparation einer Black-II-Kavität zur Versorgung des beschädigten Nachbarzahnes sein.

(*) Intensiv AG, Lugano (CH)

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß akzidentelle Schmelzverletzungen zwar durch Politur oder restaurative Maßnahmen behandelbar sind, neben dem Verlust gesunder Zahnhartsubstanz wird jedoch in den meisten Fällen ein locus minoris resistentiae geschaffen. Wie die in dieser Arbeit durchgeführten Versuche gezeigt haben, entfällt die Notwendigkeit, derartige Maßnahmen anzuwenden, wenn zum Trennen der Kontaktpunkte im Rahmen der Kronenstumpfpräparation einseitig belegte Diamantscheiben verwendet werden.

6. Verletzungen des Nachbarzahnes beim Präparieren von Kavitäten der Black-Klasse-II

Die Problematik der Verletzung des Nachbarzahnes beschränkt sich nicht nur auf die Kronenstumpfpräparation. Auch bei der Präparation einer Klasse-II-Kavität für die Versorgung mit Amalgam oder einer Gußfüllung kann es zu Beschädigungen des Nachbarzahnes kommen. Ein Trennen der Kontaktpunkte mit Separierscheiben würde hier allerdings einen unverhältnismäßig hohen Substanzverlust im Approximalraum bedeuten. Besonders bei Prämolaren kommt es bei Anwendung von Scheiben zu einer zu breiten Extension, weshalb E. HARNDT (17) und PLISCHKA (60) die sogenannte Scheibenschliffpräparation zugunsten der Kastenpräparation ablehnen. Will man - wie heute gefordert -, die Kavitätenränder in "zahnbürstensaubere" und nicht mehr "habituell saubere" Zonen verlegen (65),

ist es besonders schwierig, die benachbarte Zahnfläche bei der Präparation des approximalen Kavitätenteils nicht zu verletzen. Die von JØRGEN (21) beschriebene Präparationstechnik (siehe S. 15) erscheint diesbezüglich am ehesten geeignet, die Häufigkeit von Verletzungen des Nachbarzahnes zu reduzieren. Die Bearbeitung der senkrechten Wände des approximalen Kastens mit Handinstrumenten (Axialrandschräger) hilft zusätzlich, Beschädigungen der benachbarten Approximalfläche zu vermeiden (66).

V. KLINISCHE GESICHTSPUNKTE

Die Ergebnisse der vorliegenden am Phantomkopf durchgeführten Untersuchung zeigen, daß beim Separieren benachbarter Zähne mit Hilfe von konischen Diamantspitzen oder beidseitig diamantierten Separierscheiben z.T. großflächige Verletzungen an den Nachbarzähnen gesetzt werden. Erwähnenswert ist, daß diese während der Präparation häufig nicht bemerkt werden. Als besonders gefährdet, erweist sich der schwer einsehbare Bereich der oberen Molaren. Dagegen hat sich ergeben, daß es bei Verwendung einseitig und auf der Kante diamantierter Separierscheiben konstruktionsbedingt nicht zu Beschädigungen der benachbarten Approximalfläche durch den Diamantbelag der Scheibe kommen kann. Abgesehen von möglichen Verletzungen des Nachbarzahnes ist die Anwendung eines langen, spitzen Diamantschleifkörpers auch im Hinblick darauf nicht zu empfehlen, daß es in dem von ihm produzierten Schnittkanal leicht zu einer pulpenschädigenden Temperaturerhöhung kommen kann, was Untersuchungen anderer Autoren zeigen.

So ergeben sich in bezug auf die Schonung des Nachbarzahnes folgende Empfehlungen für das Vorgehen bei der Kronenstumpfpräparation. Das Beschleifen eines Zahnes sollte approximal mit dem Separieren beginnen, um für die folgenden Präparationsschritte einen "Sicher-

heitsabstand" zum Nachbarzahn zu schaffen. Für den approximalen Schliff sollte eine einseitig und auf der Kante diamantierte, starre Separierscheibe verwendet werden, die direkt im Kontaktbereich der benachbarten Zähne angesetzt wird und so ohne einen Schnittkanal zu produzieren, Zahnhartsubstanz von der Oberfläche her abträgt. Es ist darauf zu achten, daß die Scheibe nicht senkrecht von okklusal, sondern mehr von der Seite angesetzt wird. So kann ausgeschlossen werden, daß die diamantierte Kante mit der Randleiste des Nachbarzahnes in Berührung kommt.

Wurde zum Separieren eine Diamantspitze oder eine beidseitig diamantierte Separierscheibe benutzt, sollte die angrenzende Approximalfläche vor der Abformung sorgfältig auf mögliche Beschädigungen untersucht werden.

Werden Verletzungen festgestellt, so hat die vorliegende Untersuchung gezeigt, daß es in vitro möglich ist, oberflächliche Defekte mit Hilfe von Sandpapierscheiben oder flexiblen Aluminiumoxidscheiben (Soflexscheiben) vollständig zu beseitigen. Bei Anwendung von mehreren Scheiben feiner werdender Körnung und bei ausreichender Polierdauer lassen sich Oberflächen erzielen, die eine geringere Rauhigkeit als natürlicher, unbearbeiteter Schmelz aufweisen. Erfahrungsgemäß ergeben sich in vivo jedoch häufig Schwierigkeiten, verletzte Bereiche - be-

sonders, wenn sie zervikal liegen -, mit Polierscheiben zu erreichen. Hinzu kommt, daß das Polieren tiefliegender Beschädigungen zu einem unvertretbar hohen Substanzverlust führt, so daß nur bei einem Teil der gesetzten Verletzungen die beschriebenen Glättungsmaßnahmen mit Erfolg anwendbar sind.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

Um die Gefahr der Verletzung des Nachbarzahnes beim Separieren in Abhängigkeit vom verwendeten Schleifkörper zu beurteilen, werden Separierversuche am Phantomkopf durchgeführt. Mit einem spitzen, konischen, 24 mm langen Diamantschleifkörper, mit einer beidseitig und auf der Kante diamantierten Separierscheibe und mit einer einseitig und auf der Kante diamantierten Separierscheibe wird jeweils im I. und IV. Quadranten an zehn ersten Molaren mesial und distal der Kontaktpunkt zu den Nachbarzähnen getrennt. Die benachbarten Approximalflächen werden zunächst in bezug auf die Häufigkeit gesetzter Verletzungen untersucht. Anschließend erfolgt anhand von stereomikroskopischen Aufnahmen die Ermittlung der Fläche beschädigter Bereiche mit Hilfe des manuellen Bildanalysesystems VIDEOPLAN.

Im zweiten Teil der vorliegenden Arbeit werden mit rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen und Rauhtiefenmessungen Verletzungen untersucht, die mit den drei oben genannten Schleifkörpern an Schmelz extrahierter Zähne erzeugt wurden. Der eine Teil der verletzten Flächen wird anschließend mit vier Sandpapierscheiben feiner werdender Körnung, der andere mit vier flexiblen Aluminiumoxidscheiben (Soflexscheiben) geglättet. Mit jeder Scheibe einer Körnung

wird 15 Sekunden lang poliert. Der Versuch wird mit einer Polierdauer von 30 Sekunden wiederholt.

Nach statistischer Auswertung der erhaltenen Daten, wurden u.a. folgende Ergebnisse ermittelt:

1. Bei Verwendung der konischen Diamantspitze und der beidseitig diamantierten Separierscheibe finden sich an 37 bzw. 30 von jeweils 40 untersuchten Approximalflächen Verletzungen. Die Größe der beobachteten Beschädigungen hängt nicht vom benutzten Instrument ab. Die flächenmäßig größten verletzten Bereiche mit bis zu 23,1 mm^2 treten an Zahn 17 auf.

2. Bei Verwendung der einseitig belegten Separierscheibe kommt es zu keinen Nachbarzahnverletzungen durch ihren Diamantbelag. Wie rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen zeigen, ist diese Eigenschaft konstruktionsbedingt. Zur unbelegten Rückseite hin ist ein ca. 50 μm breiter Bereich der Scheibenkante von der Diamantierung ausgenommen.

3. An Kunststoffzähnen werden von der unbelegten Separierscheibenrückseite teilweise Oberflächenveränderungen verursacht. Diese konnten in einem Zusatzversuch auch an menschlichem Zahnschmelz erzeugt werden. Sie weisen jedoch geringere Rauhtiefenwerte ($\overline{Rz}$ = 1,60 μm, s = 0,30 μm) als unbearbeiteter

Schmelz ($\bar{R}z$ = 2,50 µm, s = 0,63 µm) auf.

4. Verletzungen, die von der konischen Diamantspitze an Schmelz erzeugt werden, weisen höhere Rauhtiefenwerte auf ($\bar{R}z$ = 9,20 µm, s = 1,37 µm) als solche, die mit der beidseitig diamantierten Separierscheibe hervorgerufen werden ($\bar{R}z$ = 6,03 µm, s = 0,78 µm).

5. Bei einer Polierdauer von 4 mal 15 Sekunden ergeben sich nach Einsatz von Sandpapierscheiben und Soflexscheiben keine unterschiedlichen Rauhtiefenwerte ($\bar{R}z$ = 0,98 µm, s = 0,22 µm bzw. $\bar{R}z$ = 0,90 µm, s = 0,50 µm).

6. Wird die Polierdauer auf 4 mal 30 Sekunden erhöht, verbessert sich das Glättungsergebnis nur bei Verwendung von Soflexscheiben signifikant ($\bar{R}z$ = 0,57 µm, s = 0,15 µm). Die Rauhtiefenwerte liegen unter denen, die für Schmelz ermittelt werden, der mit Sandpapierscheiben 4 mal 30 Sekunden poliert wird ($\bar{R}z$ = 0,98 µm, s =0,22 µm).

7. Unabhängig von der Polierdauer werden bei Glättung mit Sandpapierscheiben und mit Soflexscheiben niedrigere Rauhtiefenwerte erzielt, als für unbearbeiteten menschlichen Zahnschmelz ermittelt wurden.

VII. LITERATUR

1. BAUER, A.:
Die Präparation von Pfeilerzähnen, die Abformung der Pfeilerzähne, die Abformung der Weichgewebe in DRÜCKE, W. und KLEMPT, B.: Konzepte in der Teilprothetik.
Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin 1983

2. BOYDE, A., KNIGHT, P.J.:
Scanning electron microscope studies of class II cavity margins.
Brit dent J 133, 331 - 337 (1972)

3. BOYDE, A., WILLIAMS, R.A.D.:
Estimation of the volume of bacterial cells by scanning electron microscopy.
Arch Oral Biol 16, 259 - 267 (1971)

4. BRUDEVOLD, F., GARDNER, D.E., SMITH, F.A.:
The distribution of fluoride in human enamel.
J dent Res 35, 420 - 429 (1956)

5. CHARBENEAU, G.T., PEYTON, F.A., ANTHONY, D.H.:
Profile characteristics of cut surfaces developed by rotating instruments.
J dent Res 36, 957 - 966 (1957)

6. DRENDEL + ZWEILING GmbH und Co. KG:
Persönliche Mitteilung

7. DRENDEL + ZWEILING GmbH und Co. KG:
Diamant- und Cuboron 1000 (CBN)-Werkzeuge in NC-Bindung.

8. EICHNER, K.:
Normal-, hoch- und höchsttouriges Bohren und Schleifen.
Carl Hanser Verlag, München 1966

9. EICHNER, K.:
Metallkeramik in der zahnärztlichen Praxis.
Hanser Verlag, München 1979

10. EICHNER, K., MOTSCH, A., KÜHL, W.:
Systematische Kavitäten- und Kronenstumpfpräparationen mit klinischen Beispielen.
Drendel und Zweilung, Berlin 1972

11. EIFINGER, F.F.:
Rationelle Kavitätenpräparation in der konservierenden Zahnheilkunde (II).
Quintessenz 31, 35 - 41 (1980)

12. FEINPRÜF GMBH:
Perthometer - Oberflächenmess- und Registriergeräte.

13. FUCHS, P.:
Kronen- und Brückenprothetik heute (2. Auflage).
Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin 1985

14. FUHR, K.:
Zur Präparationstechnik in der Kronen- und Brückenprothetik.
Dtsch zahnärztl Z 21, 911 - 916 (1966)

15. GOFFART, E.:
Vergleichende Untersuchungen rationeller Schleifersätze für die Inlay- und Onlaypräparation besonders im Hinblick auf die erreichbare Oberflächenglätte der Kavität.
Med. Dissertation, Köln 1977

16. GUTOWSKI, A.:
Richtlinien für die Anfertigung von Verblendkronen. In: A. Gutowski - W. Reiter - F. Schiller - H. Singer: Kronen - Brücken - Verbindungselemente, Schriften zur Praxis des Zahnersatzes, Bd. 7.
Werk-Verlag Dr. E. Banaschewski, München-Gräfelfing 1974

17. HARNDT, E.:
Die Gussfüllung, ihre praktische Durchführung ..
J.A. Barth, Leipzig 1947

18. HINTERBERGER, J., HILLJE, G.:
Möglichkeiten der manuellen Bildanalyse.
Labor Praxis Juli/August, 37 - 41 (1979)

19. IMMICH, H.:
Medizinische Statistik.
Schattauer Verlag, Stuttgart 1974

20. JOHNSTON, J.F., PHILLIPS, R.W., DYKEMA, R.W.:
Moderne Kronen- und Brückenprothetik (2. Auflage).
Medica Verlag, Stuttgart 1969

21. JØRGEN, D.:
Optimale Präparationen rationell ausgeführt (III).
Quintessenz 32, 2247 - 2254 (1981)

22. JÜDE, H.D., KÜHL, W., ROSSBACH, A.:
Einführung in die zahnärztliche Prothetik (3. Auflage).
Deutscher Ärzteverlag GmbH, Köln 1985

23. KÄYSER, A.F., PLASMANS, P.J., SNOEK, P.A.:
Kronen- und Brückenprothetik.
Deutscher Ärzte-Verlag, Köln 1985

24. KAZIS, H., KAZIS, A.J.:
Complete mouth rehabilitation through crown and bridge prosthodontics.
Lea & Febiger, Philadelphia 1956

25. KIMMEL, K.:
Die Kronenstumpfpräparation.
Zahnärztl Welt 89 (1), 36 - 49, 79 (1980)

26. KIMMEL, K.:
Instrumentenkombinationen für die Kronenstumpfpräpartionen. Basiskonzepte als Grundlagen.
Zahnärztl Welt 89 (1), 54 - 62 (1980)

27. KIMMEL, K.:
Zahnärztliche Präparationstechnik. In: R. Hilger - T. Jung - H. Spranger (Hrsg.): Die zahnärztliche Versorgung, Bd. 1.
A. Hüthig, Heidelberg 1984

28. KIMMEL, K.:
Rotierende Instrumente für den zahnärztlichen und zahntechnischen Bereich.
Zahnärztl Welt 94, 186 - 191 (1985)

29. KIRSTEN, H.:
Kronen- und Brückenersatz (2. Auflage).
Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig 1950

30. KLÖTZER, W.T., LANGELAND, K.:
Tierexperimentelle Prüfung von Materialen und Methoden der Kronen- und Brückenprothetik.
Schweiz Mschr Zahnheilk 83, 163 - 244 (1973)

31. KÖRBER, K.:
Zahnärztliche Prothetik Band II (2. Auflage).
Georg-Thieme-Verlag, Stuttgart 1980

32. KREJCI, I., LUTZ, F.:
Kompositfüllungen - das 1 x 1 des Ausarbeitens.
Schweiz Mschr Zahnheilk 94, 1015 - 1028 (1984)

33. KULLMANN, W.:
Die Oberflächenbeschaffenheit sog. Hybrid-Komposite.
Dtsch Zahnärztl Z 40, 915 - 921 (1985)

34. KULLMANN, W., TRIADAN, H.:
Die Oberflächenbearbeitung von Glasionomer-Füllungsmaterialien.
Schweiz Zahnheilk 94, 634 - 646 (1984)

35. KULMER, S., GAUSCH, K., FAVERO, E.:
Standardisierte Präparation der Verblendkrone für Unterricht und Praxis.
Dtsch Zahnärztl Z 39, 807 - 809 (1984)

36. LANGE, D.E.:
Mikrobiologische Aspekte parodontaler Erkrankungen.
Zahnärztl Mitt 21, 2420 - 2427 (1984)

37. LARATO, D.C.:
Influence of silicate cement restorations on gingiva.
J Prosth Dent 26, 186 - 188 (1971)

38. LEITAO, J., HEGDAHL, T.:
On the measuring of roughness.
Acta Odont Scand 39, 379 - 384 (1981)

39. LINDHE, J.:
Textbook of periodontology.
Munksgaard, Copenhagen 1983

40. LÖE, H., THEILADE, E., JENSEN, S.B.:
Experimental gingivitis in man.
J Periodont 36, 177 - 187 (1965)

41. LUTZ, F.:
Der Einfluss einer Fluoridapplikation nach der Schmelzätzung auf Adaptation und Haftung von Adhäsivfüllungen.
Schweiz Mschr Zahnheilk 87, 712 - 723 (1977)

42. McDOUGALL, W.A.:
Studies on the dental plaque. II. The histology of the developing interproximal plaque.
Aust dent J 8, 398 - 407 (1963)

43. MILLER, CH.J.:
Inlays, Kronen, Brücken.
Medica Verlag, Stuttgart 1965

44. MIERAU, H.-D., WÜSTEFELD, L.:
Lokale Unterschiede der Rauhigkeit von Oberflächen extrahierter Zähne.
Dtsch zahnärztl Z 38, 1093 - 1096 (1983)

45. MÖRMANN, W., REGOLATI, B., RENGGLI, H.H.:
Gingival reaction to well-fitted subgingival proximal gold inlays.
J Clin Periodont 1, 120 - 125 (1974)

46. MUCKO, K.:
Inlays der Canini.
Quintessenz 35, 2273 - 2280 (1984)

47. MÜHLEMANN, H.R., ROSSINSKY, K., SCHAIT, A.:
Physikalisches, chemisches und mikromorphologisches Verhalten von Schmelz nach Behandlung mit anorganischen und Aminfluoriden.
Schweiz Mschr Zahnheilk 77, 230 - 248 (1967)

48. NENTWIG, G.H.:
Beitrag zur systematischen Kronenpräparation (I).
Quintessenz 32, 277 - 284 (1981)

49. NENTWIG, G.H.:
Beitrag zur systematischen Kronenpräparation (II).
Quintessenz 32, 447 - 452 (1981)

50. NEWBRUN, E.:
Cariology (2. Aufl.).
Williams and Wilkins, Baltimore 1983

51. NEWBRUN, E., PIGMAN, W.:
The hardness of enamel and dentine.
Aust Dent J 5, 210 - 217 (1960)

52. OHNESORGE, J., HOLM, R.:
Rasterelektronenmikroskopie (2. Auflage).
Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1978

53. ONTRUP, D.:
Wirkungen rotierender Instrumente auf den Schmelz menschlicher Zähne.
Med. Dissertation, Berlin 1958

54. PANTKE, H.:
Die Wirkung verschiedener Instrumente auf die Kavitätenwände.
Schweiz Mschr Zahnheilk 66, 678 - 687 (1956)

55. PANTKE, A., SCHÜTTLER, D., HÜTTEMANN, R.W., PANTKE, H.:
Vergleichende Untersuchungen verschiedener Methoden zur Beurteilung von Oberflächenstrukturen präparierter Zähne.
Dtsch Zahnärztl Z 40, 386 - 391 (1985)

56. PEARSON, G.J., MESSING, J.J.:
The abrasivity of finishing agents used on composite filling material.
J Dent 7, 105 - 110 (1979)

57. PELLET, C.:
An in vitro study comparing finishing technics of composite resins and their effects on the surrounding enamel.
J Nebr Dent Ass 56, 8 - 12 (1979)

58. PEYTON, F.A., MORTELL, J.F.:
Surface appearance of tooth cavity walls when shaped with various instruments.
J Dent Res 35, 509 - 517 (1956)

59. PILZ, M.E.:
Praxis der Zahnerhaltung und oralen Prävention.
Carl Hanser Verlag, München 1985

60. PLISCHKA, G.:
Ergonomie VIII - Über Rationalisation der Präparationsarbeit mit Diamantschleifinstrumenten.
Quintessenz 16, 161 - 165 (1965), Ref. 2735

61. RABE, U. PANTKE, H.:
Die Erfassung der Oberflächenverhältnisse biologischer Objekte mit charakteristischen Maßzahlen.
Dtsch Zahnärztl Z 37, 869 - 873 (1982)

62. RAMFJORD, S.P., ASH, M.:
Parodontologie.
Verlag zahnärztlich-medizinisches Schrifttum, München 1984

63. RATEITSCHAK, K.H., RATEITSCHAK, E.M., WOLF, H.F.:
Farbatlanten der Zahnmedizin 1, Parodontologie.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1984

64. RENGGLI, H.H.:
Auswirkungen subgingivaler approximaler Füllungsränder auf den Entzündungsgrad der benachbarten Gingiva (II. Teil).
Schweiz Mschr Zahnheilk 84, 181 - 214 (1974)

65. RIETHE, P.:
Restaurationen mit Amalgam. In: N. Schwenzer (Hrsg.): Konservierende Zahnheilkunde und Mundschleimhauterkrankungen, Bd. 4.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1985

66. ROULET, J.F., NOACK, M., BUTROS, R., BLUNCK, U.:
Zahnerhaltung: Ein Behandlungskonzept.
Quintessenz 37, 407 - 437 (1986), Ref. 6851

67. SCHMEISSNER, H.:
Die Quintessenz der Einzelkrone.
Quintessenz-Verlag, Berlin 1972

68. SCHULZ, R.P.:
Die optimale Inlay- und Onlaypräparation im Hinblick auf die thermische Belastbarkeit des Markorgans.
Med. Dissertation, Köln 1977

69. SHILLINGBURG, H.T., HOBO, S., FISHER, D.W.:
Atlas der Kronenpräparation.
Quintessenz-Verlag, Berlin 1974

70. SHILLINGBURG, H.T., HOBO, S., WHITSETT, L.:
Grundlagen der Kronen- und Brückenprothetik.
Quintessenz-Verlag, Berlin 1977

71. SINGER, D., MIERAU, H.D.:
Plaquebildung und Oberflächenstruktur des Zahnschmelzes.
Dtsch zahnärztl Z 33, 527 - 528 (1978)

72. STREET, E.V.:
Effect of various instruments on enamel walls.
J Amer Dent Ass 46, 274 - 284 (1953)

73. SWARTZ, M.L., PHILLIPS, R.W.:
Comparison of bacterial accumulations on rough and smooth enamel surfaces.
J Periodont 28, 304 - 307 (1967)

74. TYLMAN, St.D., MALONE, W.F.P.:
Tylman's theory and practice of fixed prosthodontics (7. Auflage).
The CV. Mosby company, St. Louis, Missouri 1978

75. VOLCHANSKY, A., CLEATON-JONES, P., RETIEF, D.H.:
Study of surface characteristics of natural teeth and restorations adjacent to gingivae.
J Prosthet Dent 31, 411 - 421 (1974)

76. VOSS, R.:
Grundlagen des Behandlungserfolges bei Kronen und Brücken.
Zahnärztl Welt 78, 397 - 405 (1969)

77. WAERDEN, B.L. van der:
Mathematical statistics.
Springer-Verlag, Berlin 1969

78. WAERHAUG, J.:
Effect of rough surfaces upon gingival tissue.
J Dent Res 35, 323 - 325 (1956)

79. WEATHERELL, J.A., HALLSWORTH, A.S., ROBINSON, C.:
The effect of tooth wear on the distribution of fluoride in the enamel surface of human teeth.
Arch Oral Biol 18, 1175 - 1189 (1973)

80. WEGEMANN, U.:
Zur Qualität beschliffener Schmelzflächen und der Präparationsgrenze.
Dtsch Zahnärztl Z 40, 472 - 478 (1985)

VIII. ANHANG

1. Tabellen und graphische Darstellungen

Bezeichnung	Abbildung	Diamantierung	Körnung	Flexibilität	Schnittkanal
104.345.524.		vollständig	D 107 (normal)	starr	0.6 mm
104.345.514.		vollständig	D 64 (fein)	flexibel	0.3 mm
104.350.514.		vollständig	D 64 (fein)	flexibel	0.3 mm
104.358.514.		vollständig	D 64 (fein)	flexibel	0.15 mm
104.321.524.		im Randbereich (2.5 mm) und auf der Kante	D 107 (normal)	starr	0.6 mm
104.332.524.		im Randbereich (2.5 mm) und auf der Kante	D 107 (normal)	starr	0.6 mm
104.355.504.		im Randbereich (2.5 mm) und auf der Kante	D 46 (extra fein)	sehr flexibel	0.17 mm

Tab. 3: Beidseitig diamantierte Separierscheiben

Bezeichnung	Abbildung	Diamantierung	Körnung	Flexibilität	Schnittkanal
104.328.524.		vollständig und auf der Kante	D 107 (normal)	starr	0.5 mm
104.336.524.		vollständig und auf der Kante	D 107 (normal)	starr	0.5 mm
104.346.514.		vollständig und auf der Kante	D 64 (fein)	flexibel	0.2 mm
104.350.514.		vollständig und auf der Kante	D 64 (fein)	flexibel	0.2 mm
104.356.504.		im Randbereich und auf der Kante	D 46 (sehr fein)	sehr flexibel	0.1 mm
104.322.524.		im Randbereich (2.5 mm) und auf der Kante	D 107 (normal)	starr	0.45 mm
104.332.524.		im Randbereich (2.5 mm) und auf der Kante	D 107 (normal)	starr	0.45 mm

Tab. 4: Einseitig diamantierte Separierscheiben

Zahn / Fläche		M1		M2		M3		M4		M5		Mittelwert (Standardabw.)	
		mesial	distal	mesial	distal	mesial	distal	mesial	distal	mesial	distal		
Rauhigkeit in µm	R_z	3.15	2.61	2.89	2.60	2.07	2.33	2.99	1.99	3.08	2.21		
		3.33	3.09	2.13	2.58	2.84	1.99	2.85	2.45	2.42	1.60	2.53	$\bar{R}_z$
		1.95	3.34	2.49	3.02	2.48	2.23	2.61	2.39	2.25	1.91	(0.45)	
	R_{max}	3.95	3.18	4.36	2.96	2.40	4.27	2.75	2.29	3.85	2.63		
		3.92	5.01	2.44	2.83	4.21	2.74	3.76	3.09	4.01	2.24	3.32	$\bar{R}_{max}$
		2.46	4.32	2.93	3.71	3.26	2.48	3.93	2.97	3.78	2.92	(0.75)	
	R_a	0.61	0.53	0.57	0.45	0.32	0.40	0.37	0.32	0.42	0.35		
		0.64	0.63	0.47	0.44	0.46	0.43	0.41	0.40	0.30	0.28	0.43	$\bar{R}_a$
		0.35	0.63	0.43	0.48	0.40	0.44	0.34	0.43	0.35	0.32	(0.10)	

Tab. 5: Rauhigkeitswerte (in µm) von approximal-koronalem Schmelz (Molaren)
Grenzwellenlänge: 0,08 mm, Gesamtmeßstrecke: 2 mm

Zahn / Fläche		M1		M2		M3		M4		M5		Mittelwert (Standardabw.)	
		mesial	distal	mesial	distal	mesial	distal	mesial	distal	mesial	distal		
Rauhigkeit in µm	R_z	1.74	4.30	1.61	2.57	3.79	1.65	2.64	1.99	1.32	1.79		
		2.41	3.34	1.66	2.90	3.49	2.42	2.38	2.20	1.43	1.62	2.34	$\bar{R}_z$
		3.35	3.78	1.67	2.09	3.01	1.78	2.23	2.10	1.17	1.74	(0.82)	
	R_{max}	2.61	5.24	1.93	3.82	5.04	2.27	3.80	2.38	1.72	2.69		
		3.14	4.22	1.90	3.49	4.19	2.90	2.80	2.87	1.97	2.05	2.98	$\bar{R}_{max}$
		3.75	4.68	2.27	2.34	3.54	2.20	3.23	2.67	1.34	2.25	(1.01)	
	R_a	0.36	0.80	0.27	0.46	0.47	0.32	0.37	0.31	0.27	0.32		
		0.48	0.58	0.36	0.52	0.49	0.51	0.39	0.39	0.24	0.29	0.41	$\bar{R}_a$
		0.61	0.77	0.27	0.42	0.47	0.35	0.33	0.35	0.22	0.31	(0.14)	

Tab. 6: Rauhigkeitswerte (in µm) von approximal-zervikalem Schmelz (Molaren)
Grenzwellenlänge: 0,08 mm, Gesamtmeßstrecke: 2 mm

Zahn / Fläche		P1 mesial	P1 distal	P2 mesial	P2 distal	P3 mesial	P3 distal	P4 mesial	P4 distal	P5 mesial	P5 distal	Mittelwert (Standardabw.)	
Rauhigkeit in µm	R_z	3.29	2.50	3.20	3.34	3.34	3.71	2.80	2.71	2.09	1.84		
		2.76	2.06	3.27	3.31	3.49	3.37	2.84	2.91	2.38	2.39	2.87	$\bar{R}_z$
		2.34	2.84	3.01	3.43	3.31	3.69	2.96	3.22	2.23	1.37	(0.58)	
	R_{max}	4.14	2.88	4.06	3.71	3.96	4.25	5.16	3.36	2.51	3.08		
		3.34	2.76	4.07	3.82	4.59	3.76	3.96	4.42	2.97	4.73	3.73	$\bar{R}_{max}$
		2.88	3.50	3.40	3.98	4.57	4.38	3.86	4.34	3.41	2.15	(0.71)	
	R_a	0.52	0.41	0.58	0.67	0.69	0.64	0.46	0.40	0.38	0.30		
		0.54	0.41	0.58	0.69	0.59	0.61	0.38	0.61	0.45	0.34	0.52	$\bar{R}_a$
		0.45	0.55	0.50	0.77	0.62	0.77	0.49	0.51	0.40	0.21	(0.14)	

Tab. 7: Rauhigkeitswerte (in µm) von approximal-koronalem Schmelz (Prämolaren)
Grenzwellenlänge: 0,08 mm, Gesamtmeßstrecke: 2 mm

Zahn / Fläche		P1 mesial	P1 distal	P2 mesial	P2 distal	P3 mesial	P3 distal	P4 mesial	P4 distal	P5 mesial	P5 distal	Mittelwert (Standardabw.)	
Rauhigkeit in µm	R_z	2.40	1.92	2.89	2.64	2.23	1.92	2.38	2.00	2.42	1.69		
		3.00	1.93	2.99	2.54	2.20	2.10	2.70	1.65	2.31	1.75	2.26	R_z
		2.38	2.28	2.41	2.67	3.29	1.44	2.12	1.68	1.98	1.85	(0.45)	
	R_{max}	3.28	2.34	4.48	3.65	2.57	3.01	4.38	3.09	2.59	3.07		
		4.31	2.43	3.98	3.18	2.50	2.56	3.23	2.51	3.26	3.12	3.09	$\bar{R}_{max}$
		3.14	3.40	2.95	2.92	4.32	2.12	3.40	2.07	2.18	2.77	(0.68)	
	R_a	0.41	0.37	0.47	0.39	0.33	0.33	0.41	0.33	0.47	0.29		
		0.57	0.37	0.42	0.42	0.36	0.30	0.45	0.29	0.40	0.23	0.39	$\bar{R}_a$
		0.47	0.42	0.43	0.47	0.58	0.29	0.38	0.30	0.38	0.34	(0.08)	

Tab. 8: Rauhigkeitswerte (in µm) von approximal-zervikalem Schmelz (Prämolaren)
Grenzwellenlänge: 0,8 mm, Gesamtmeßstrecke: 2mm

Zahn		I		II		III		IV		V		Mittelwert	
Fläche		mesial	bukkal	mesial	bukkal	mesial	bukkal	mesial	bukkal	mesial	bukkal	(Standardabw.)	
Rauhigkeit in µm	R_z	10.19	10.84	9.95	7.64	8.12	9.39	7.69	7.75	7.85	9.34	9.20 (1.37)	$\bar{R}_z$
		9.27	11.97	11.48	8.00	8.94	8.54	10.43	7.51	9.28	10.01		
		8.90	11.33	8.31	8.21	9.37	9.44	8.70	6.82	9.34	9.02		
		11.86	12.47	9.44	10.96	10.16	8.52	7.95	7.46	8.02	10.36		
		9.11	9.43	9.44	10.42	8.96	9.54	7.99	6.07	8.09	10.3		
	R_{max}	13.28	13.40	13.69	8.62	10.92	13.28	9.35	8.79	8.64	10.6	11.66 (2.22)	$\bar{R}_{max}$
		12.23	13.06	14.18	8.96	11.42	9.78	14.75	8.81	12.48	16.16		
		11.77	13.28	11.08	9.73	10.33	12.39	12.42	9.40	10.84	12.4		
		13.41	15.49	10.92	14.03	13.91	9.49	9.72	10.93	10.55	15.68		
		13.14	12.19	11.57	18.82	10.79	12.07	9.83	7.82	9.94	12.96		
	R_a	1.85	1.84	1.81	1.53	1.52	1.66	1.39	1.39	1.49	1.65	1.68 (0.27)	$\bar{R}_a$
		1.63	2.35	1.89	1.54	1.79	1.49	1.85	1.30	1.65	1.91		
		1.58	1.83	1.53	1.54	1.91	1.64	1.46	1.22	1.75	1.66		
		2.21	2.41	2.01	1.89	1.73	1.52	1.43	1.26	1.47	1.99		
		1.58	1.71	1.98	1.85	1.69	1.71	1.42	1.13	1.35	1.79		

Tab. 9: Rauhigkeitswerte von Schmelz (in µm) nach Verletzung mit einem FG-Diamanten (D 107)
Grenzwellenlänge: 0,08 mm, Gesamtmeßstrecke: 2 mm

Zahn		I		II		III		IV		V		Mittelwert (Standardabw.)	
Fläche		distal	oral	distal	oral	distal	oral	distal	oral	distal	oral		
Rauhigkeit in µm	R_z	5.82	6.58	5.60	5.76	5.32	5.99	7.17	5.44	7.38	7.18	6.03 (0.78)	$\bar{R}_z$
		6.98	6.17	6.33	5.24	5.43	6.29	7.05	5.68	5.72	5.98		
		6.43	6.79	6.23	5.83	5.54	6.50	7.95	5.56	5.60	5.68		
		5.63	6.17	6.28	7.20	4.69	6.74	5.16	5.59	5.03	5.42		
		8.27	5.13	5.68	5.46	5.54	5.39	6.36	4.87	5.65	6.21		
	R_{max}	6.85	9.11	6.77	7.63	5.76	6.89	8.49	6.58	9.07	7.96	7.33 (1.04)	$\bar{R}_{max}$
		8.27	7.13	7.49	6.96	7.79	8.24	7.79	6.03	7.13	6.70		
		8.23	8.08	8.60	8.31	6.53	8.26	8.93	6.09	6.11	6.38		
		7.34	8.68	7.89	7.84	6.33	8.66	6.17	6.85	8.19	6.51		
		8.72	6.11	6.61	6.83	5.70	5.87	7.02	5.62	5.95	9.06		
	R_a	1.01	1.07	0.97	0.96	0.81	0.90	1.21	0.88	1.30	1.20	1.01 (0.20)	$\bar{R}_a$
		1.21	1.11	1.07	0.89	0.89	0.98	1.26	0.90	0.98	1.07		
		1.17	1.09	0.98	0.86	0.79	0.98	1.36	0.86	0.98	0.86		
		0.96	0.95	1.01	1.02	0.78	1.10	0.86	0.86	1.01	0.87		
		1.24	0.85	1.05	0.94	0.98	0.88	1.06	0.80	0.81	0.94		

Tab. 10: Rauhigkeitswerte von Schmelz (in µm) nach Verletzung mit einer diamantierten Separierscheibe (D107)
Grenzwellenlänge: 0,08 mm, Gesamtmeßstrecke: 2 mm

Zahn		VI	VII	VIII	IX	Mittelwert (Standardabw.)	
Rauhigkeit in µm	R_z	1.46 1.42 1.34 1.57 1.66	1.96 1.73 1.90 2.03 1.34	2.57 1.52 1.44 1.41 1.42	1.40 1.43 1.53 1.51 1.48	1.60 (0.30)	$\overline{R}_z$
	R_{max}	2.03 2.12 1.74 1.82 2.55	2.61 2.15 2.23 2.27 3.24	3.31 1.65 1.56 1.49 1.70	1.61 1.59 1.74 1.81 1.70	2.05 (0.54)	$\overline{R}_{max}$
	R_a	0.20 0.20 0.19 0.21 0.21	0.28 0.28 0.28 0.29 0.34	0.31 0.20 0.21 0.21 0.21	0.22 0.22 0.22 0.21 0.22	0.24 (0.04)	$\overline{R}_a$

Tab. 11: Rauhigkeitswerte von Schmelz (in µm) nach Kontakt mit der unbelegten Separierscheibenrückseite
Grenzwellenlänge: 0,08 mm, Gesamtmeßstrecke: 2 mm

Separier-scheibe		I	II	III	Mittelwert (Standardabw.)	
Rauhigkeit in µm	R_z	0.94 1.08 0.96 1.49 1.20	1.60 1.53 1.28 1.39 1.19	1.29 2.62 0.93 1.44 1.51	1.36 (0.41)	$\overline{R}_z$
	R_{max}	1.22 2.02 1.38 2.38 1.56	1.84 1.91 1.56 1.54 1.28	2.19 4.41 1.14 2.47 2.55	1.96 (0.82)	$\overline{R}_{max}$
	R_a	0.08 0.09 0.08 0.10 0.09	0.19 0.18 0.16 0.17 0.17	0.14 0.22 0.09 0.13 0.15	0.14 (0.05)	$\overline{R}_a$

Tab. 12: Rauhigkeitswerte der nichtdiamantierten Rückseite der einseitig belegten Separierscheibe (in µm)
Grenzwellenlänge: 0,08 mm, Gesamtmeßstrecke: 2 mm

Zahn / Fläche		I		II		III		IV		V		Mittelwert (Standardabw.)	
		bukkal	oral	bukkal	oral	bukkal	oral	bukkal	oral	bukkal	oral		
Rauhigkeit in µm	R_z	0.96	1.40	0.98	0.81	0.94	0.98	1.00	0.83	0.63	0.70	0.99 (0.22)	$\bar{R}_z$
		1.33	1.19	0.85	0.91	0.90	1.28	1.13	0.90	0.99	0.86		
		0.98	1.54	0.83	1.02	0.96	1.12	1.37	0.71	0.95	0.65		
		0.78	1.16	0.84	1.43	0.88	1.13	1.55	0.83	0.64	0.82		
		1.03	1.03	1.11	0.96	0.94	1.11	0.88	0.92	0.78	0.94		
	R_{max}	1.36	2.54	1.41	1.31	1.01	1.33	1.26	0.91	0.71	0.96	1.35 (0.49)	$\bar{R}_{max}$
		1.87	1.38	0.99	1.19	1.03	2.23	1.30	1.05	1.20	1.45		
		1.32	2.51	1.11	1.16	1.43	1.48	1.76	0.78	1.19	0.88		
		0.96	1.92	0.98	1.76	1.01	1.31	3.23	1.05	0.77	0.96		
		1.29	1.69	1.51	1.13	1.05	1.80	1.10	1.11	0.98	1.69		
	R_a	0.11	0.14	0.10	0.13	0.11	0.15	0.15	0.10	0.08	0.09	0.12 (0.03)	$\bar{R}_a$
		0.13	0.14	0.10	0.13	0.10	0.15	0.18	0.11	0.11	0.11		
		0.12	0.16	0.10	0.12	0.12	0.15	0.17	0.09	0.11	0.08		
		0.10	0.14	0.09	0.17	0.11	0.16	0.18	0.12	0.10	0.09		
		0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.15	0.15	0.11	0.10	0.09		

Tab. 13: Rauhigkeitswerte von Schmelz (in µm) nach Glättung mit vier Sandpapierscheiben feiner werdender Körnung (15 sec). Die bukkalen Zahnflächen wurden zuvor mit einem FG-Diamanten und die oralen mit einer diamantierten Separierscheibe bearbeitet.
Grenzwellenlänge: 0,08 m, Gesamtmeßstrecke: 2mm

Zahn / Fläche		I		II		III		IV		V		Mittelwert (Standardabw.)	
		mesial	distal	mesial	distal	mesial	distal	mesial	distal	mesial	distal		
Rauhigkeit in µm	R_z	0.54	0.91	0.54	0.60	0.55	0.27	1.47	1.09	1.12	1.05	0.90 (0.50)	$\bar{R}_z$
		0.48	0.94	0.55	0.76	0.52	0.36	1.63	1.24	0.98	1.96		
		0.54	0.98	0.41	0.68	0.43	0.46	1.38	1.18	0.95	2.12		
		0.60	0.87	0.43	0.42	0.47	0.53	1.69	1.12	1.12	1.91		
		0.57	0,96	0.45	0.39	0.41	0.47	1.54	1.00	1.11	2.12		
	R_{max}	0.72	1.12	0.71	0.86	0.95	0.61	2.14	1.64	1.44	1.39	1.25 (0.69)	R_{max}
		0.60	1.04	0.68	1.09	1.09	0.60	2.05	1.69	1.38	3.22		
		0.59	1.08	0.50	1.18	0.84	0.61	2.01	1.66	1.26	2.31		
		0.82	0.98	0.60	0.52	0.64	1.04	3.15	1.67	1.81	2.89		
		0.68	1.56	0.48	0.63	0.54	0.92	1.81	1.25	1.34	2.27		
	R_a	0.05	0.10	0.05	0.08	0.05	0.03	0.19	0.11	0.12	0.12	0.09 (0.06)	$\bar{R}_a$
		0.04	0.12	0.04	0.09	0.04	0.03	0.20	0.11	0.11	0.16		
		0.05	0.12	0.04	0.06	0.03	0.04	0.17	0.10	0.11	0.21		
		0.06	0.10	0.03	0.04	0.05	0.05	0.21	0.11	0.12	0.17		
		0.06	0.11	0.04	0.05	0.04	0.04	0.18	0.11	0.13	0.24		

Tab. 14: Rauhigkeitswerte von Schmelz (in µm) nach Glättung mit vier Soflexscheiben feiner werdender Körnung (15 sec). Die mesialen Zahnflächen wurden zuvor mit einem FG-Diamanten und die distalen mit einer diamantierten Separierscheibe bearbeitet.
Grenzwellenlänge: 0,08 mm, Gesamtmeßstrecke: 2 mm

Zahn Fläche		I bukkal	II bukkal	III bukkal	IV bukkal	V bukkal	Mittelwert (Standardabw.)	
Rauhigkeit in µm	R_z	0.49 0.59 0.65 0.66 0.71	1.16 1.18 1.10 1.37 1.07	0.99 1.25 1.24 1.00 1.20	1.09 1.00 0.94 1.05 1.02	1.10 0.90 0.99 0.85 0.95	0.98 (0.22)	$\bar{R}_z$
	R_{max}	0.60 0.65 0.72 0.82 0.85	1.44 1.40 1.20 1.73 1.48	1.33 1.76 2.10 1.11 1.88	1.32 1.16 1.26 1.41 1.16	1.56 1.06 1.29 1.03 1.22	1.26 (0.38)	$\bar{R}_{max}$
	R_a	0.06 0.07 0.08 0.07 0.09	0.14 0.13 0.15 0.17 0.12	0.12 0.15 0.12 0.12 0.15	0.13 0.12 0.13 0.13 0.13	0.13 0.12 0.12 0.12 0.12	0.12 (0.03)	$\bar{R}_a$

Tab. 15: Rauhigkeitswerte von Schmelz (in µm) nach Glättung mit vier Sandpapierscheiben feiner werdender Körnung (30 sec). Die Zahnflächen wurden zuvor mit einem FG-Diamanten bearbeitet. Grenzwellenlänge: 0,08 mm, Gesamtmeßstrecke: 2 mm

Zahn Fläche		I mesial	II mesial	III mesial	IV mesial	V mesial	Mittelwert (Standardabw.)	
Rauhigkeit in µm	R_z	0.55 0.54 0.74 0.48 0.49	0.48 0.60 0.75 0.91 0.49	0.93 0.59 0.62 0.71 0.55	0.59 0.49 0.56 0.59 0.39	0.48 0.29 0.36 0.44 0.53	0.57 (0.15)	$\overline{R}_z$
	R_{max}	0.82 0.89 1.55 0.70 0.97	0.77 0.84 0.98 1.34 0.62	2.20 0.94 0.94 0.95 0.70	0.75 1.00 1.13 0.83 0.50	0.60 0.35 0.42 0.53 0.61	0.88 (0.39)	$\overline{R}_{max}$
	R_a	0.06 0.06 0.06 0.05 0.05	0.06 0.06 0.10 0.11 0.06	0.08 0.07 0.08 0.09 0.06	0.04 0.03 0.05 0.04 0.04	0.06 0.04 0.05 0.05 0.08	0.06 (0.02)	$\overline{R}_a$

Tab. 16: Rauhigkeitswerte von Schmelz (in µm) nach Glättung mit vier Soflexscheiben feiner werdender Körnung (30 sec). Die Zahnflächen wurden zuvor mit einem FG-Diamanten bearbeitet. Grenzwellenlänge: 0,08 mm, Gesamtmeßstrecke: 2 mm

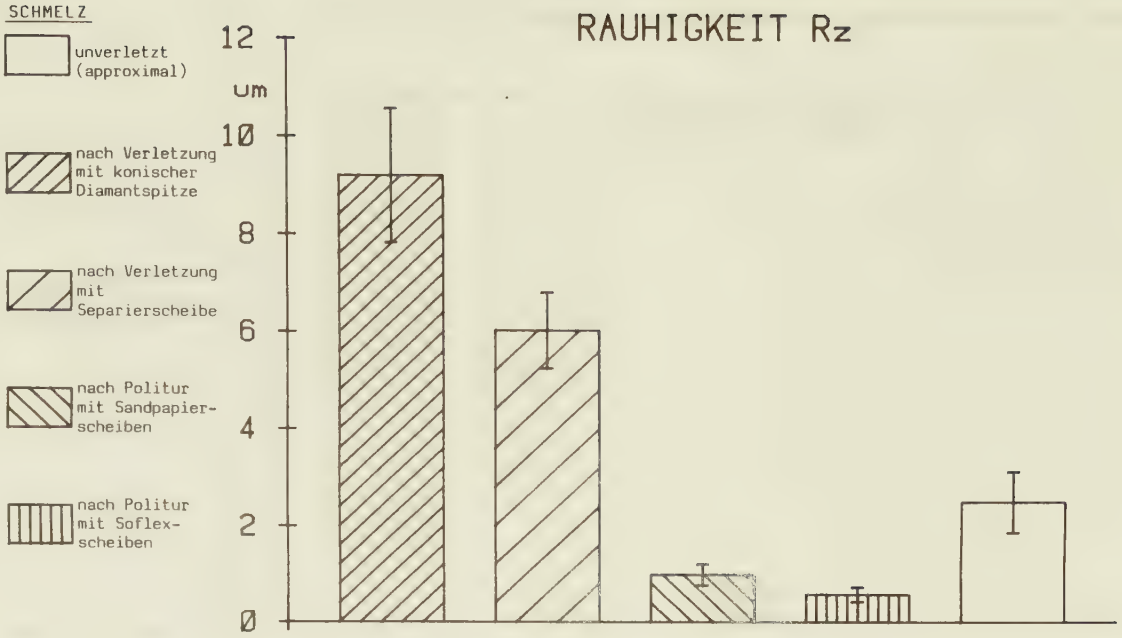


Abb. 32: Mittlere Rauhtiefenwerte ($\bar{R}z$) für unbearbeiteten und bearbeiteten Schmelz

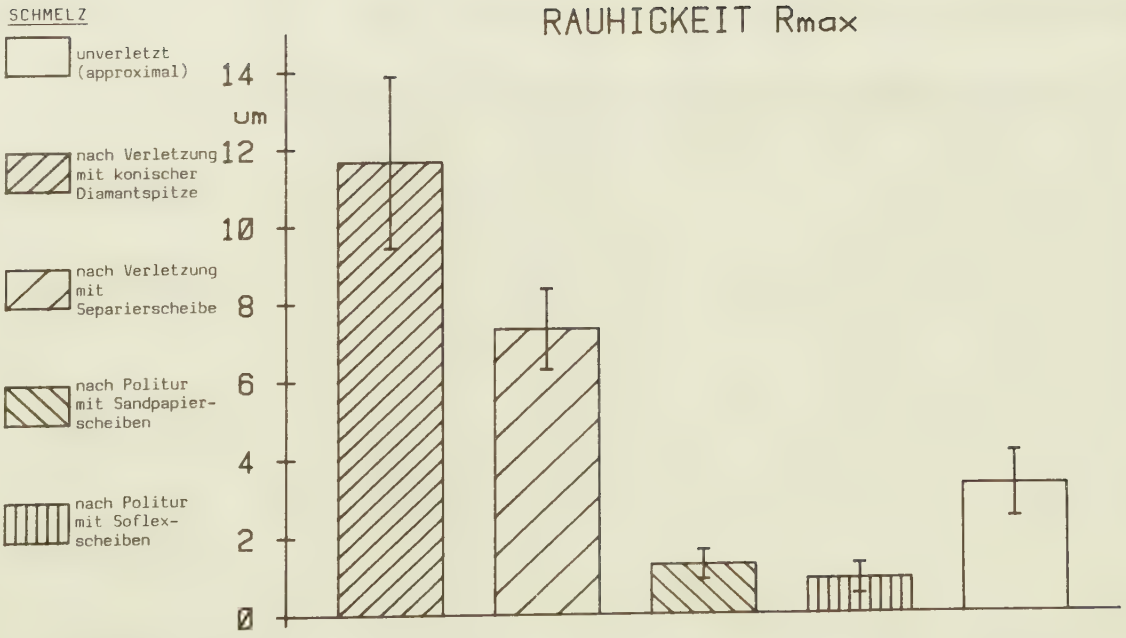


Abb. 33: Mittlere Rauhtiefenwerte ($\bar{R}max$) für unbearbeiteten und bearbeiteten Schmelz

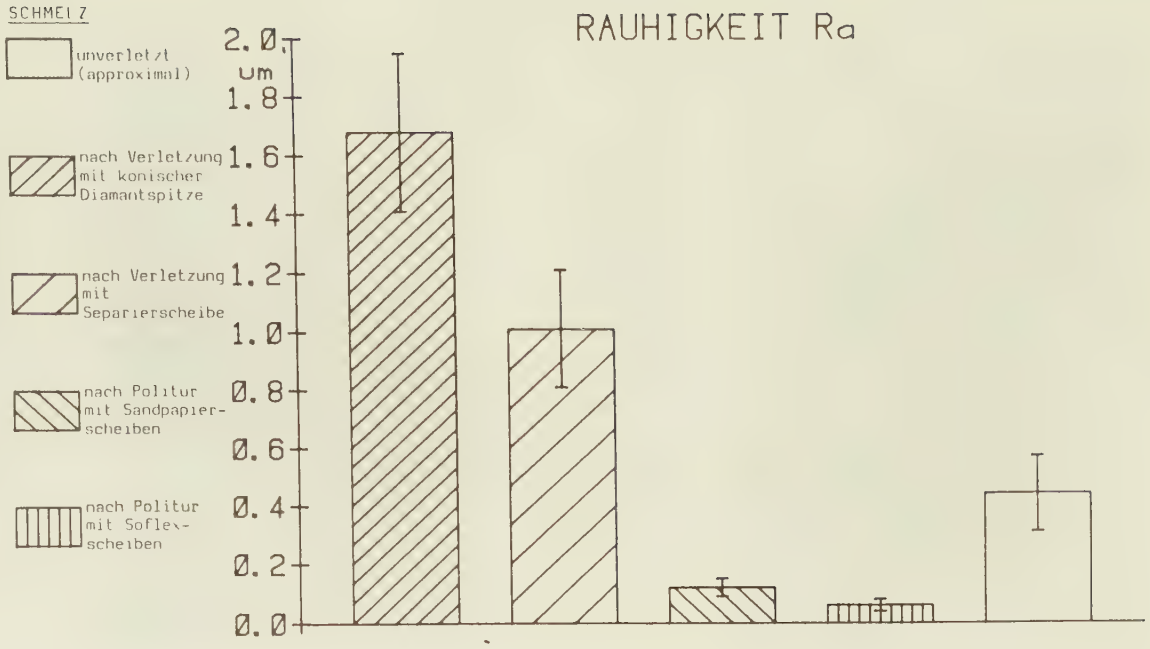


Abb. 34: Mittlere Rauhtiefenwerte ($\bar{R}a$) für unbearbeiteten und bearbeiteten Schmelz

2. Bildanhang

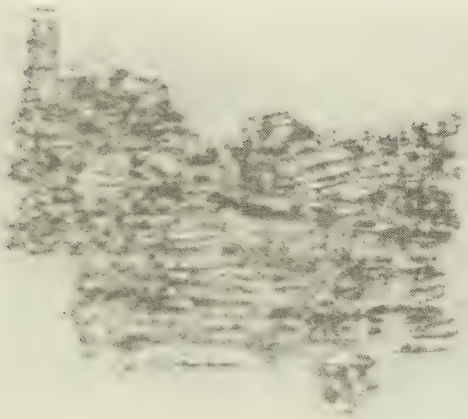


Abb. 35: Zahn 17: Verletzung nach Separieren mit der konischen Diamantspitze (F=11,56 mm²) Originalvergrößerung: 5 mal

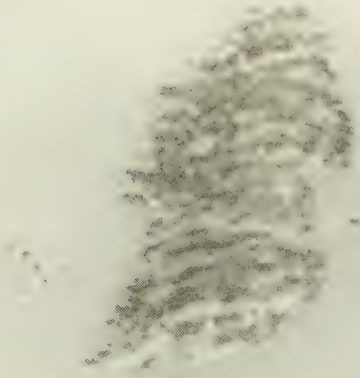


Abb. 36: Zahn 15: Verletzung nach Separieren mit der konischen Diamantspitze (F= 2,11 mm²) Originalvergrößerung: 8 mal

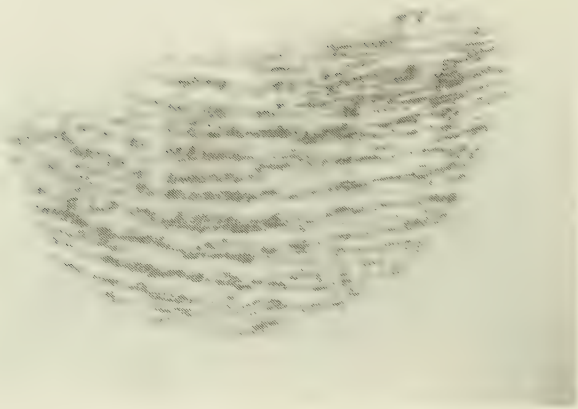


Abb. 37: Zahn 17: Verletzung nach Separieren mit der beidseitig belegten Separierscheibe ($F = 9{,}98\ mm^2$)
Originalvergrößerung: 5 mal

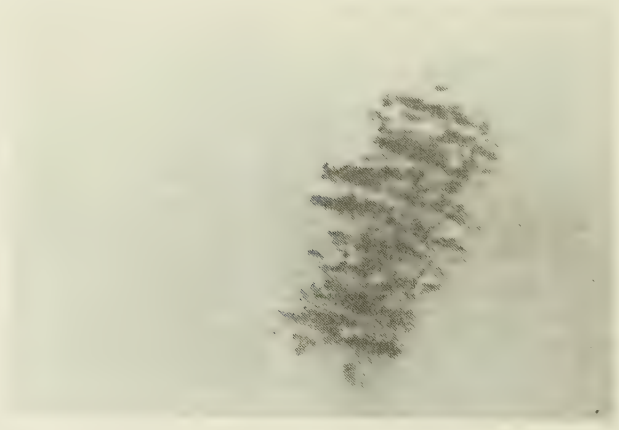


Abb. 38: Zahn 47: Verletzung nach Separieren mit der konischen Diamantspitze ($F = 0{,}74\ mm^2$)
Originalvergrößerung: 8 mal

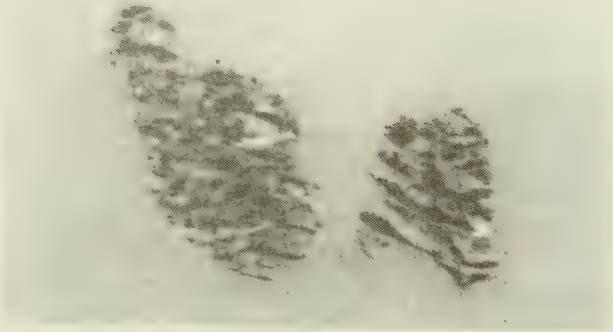


Abb. 39: Zahn 45: Verletzung nach Separieren mit der konischen Diamantspitze (F= 1,68 mm²)
Originalvergrößerung: 8 mal

Abb. 40: Zahn 45: Verletzung nach Separieren mit der beidseitig belegten Separierscheibe (F = 0,40 mm²)
Originalvergrößerung: 8 mal

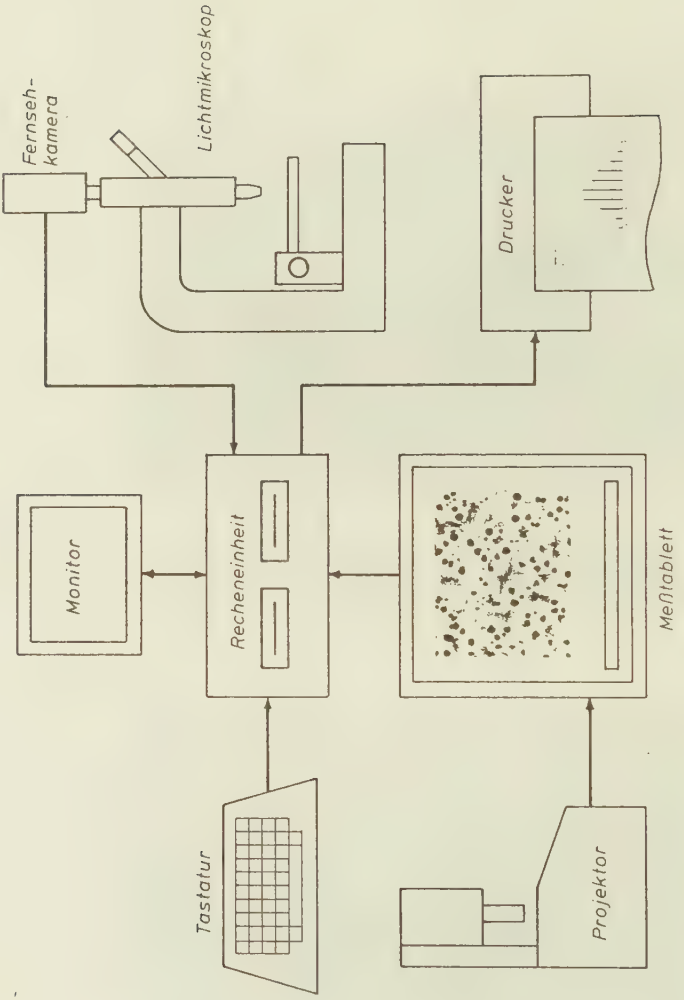


Abb. 41: Systemaufbau des Videoplan-Gerätes

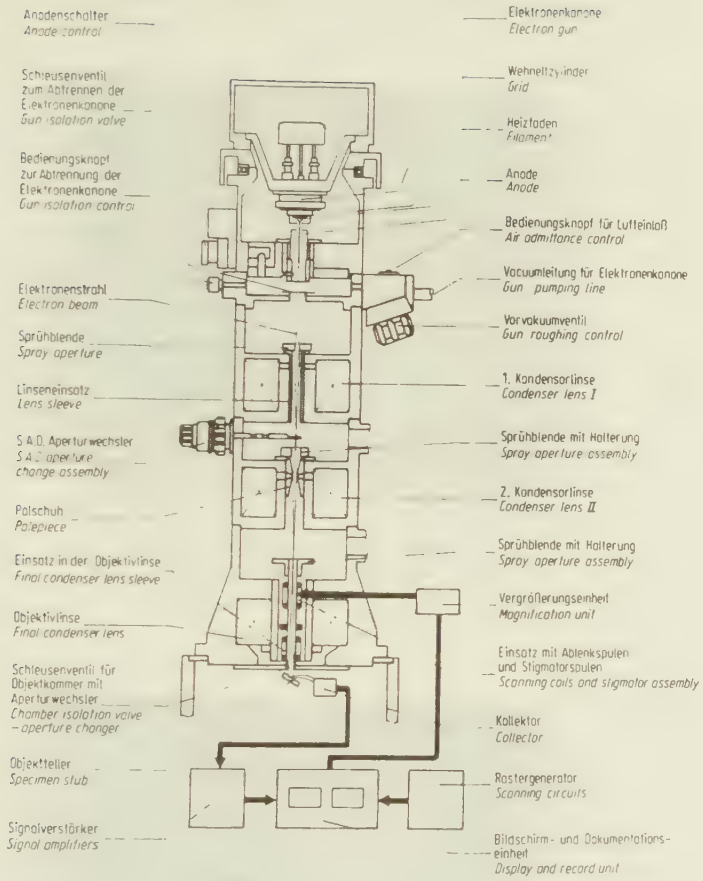
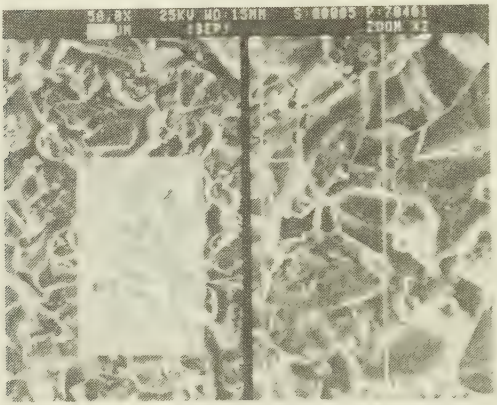
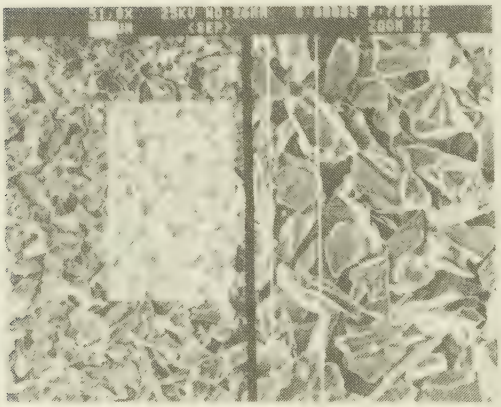


Abb. 42: Aufbau des Rasterelektronenmikroskops (aus OHNESORGE und HOLM (52))

Abb. 43: Oberflächen von Sandpapierscheiben verschiedener Körnungen

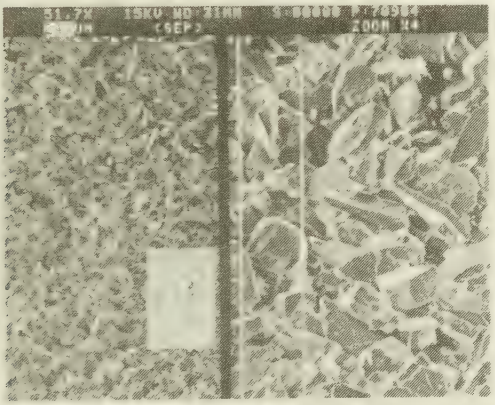


a. "mittel"
Originalvergrößerung: 50 mal/ 100 mal

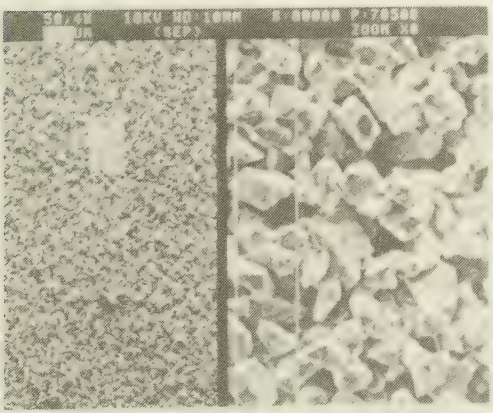


b. "fein"
Originalvergrößerung: 51,8 mal/ 103,6 mal

Abb. 43: Oberflächen von Sandpapierscheiben verschiedener Körnungen

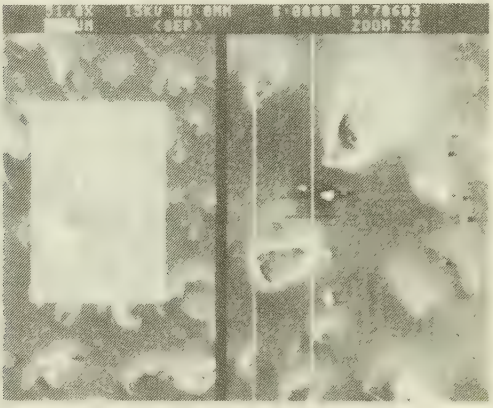


c. "x-fein"
Originalvergrößerung: 51,7 mal/ 206,8 mal

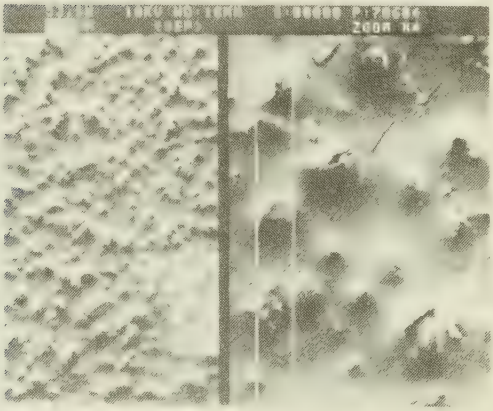


d. "xx-fein"
Originalvergrößerung: 50,4 mal/ 403,2 mal

Abb. 44: Oberflächen von Soflexscheiben verschiedener Körnungen

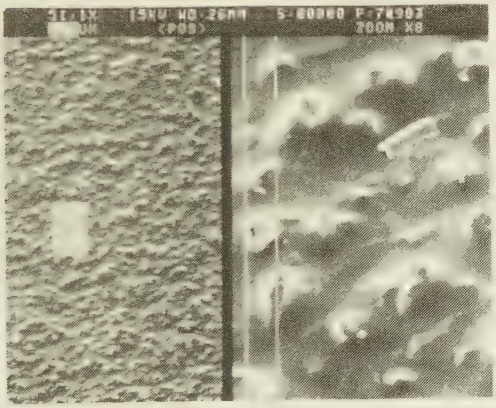


a. "coarse"
Originalvergrößerung: 51 mal/ 102 mal

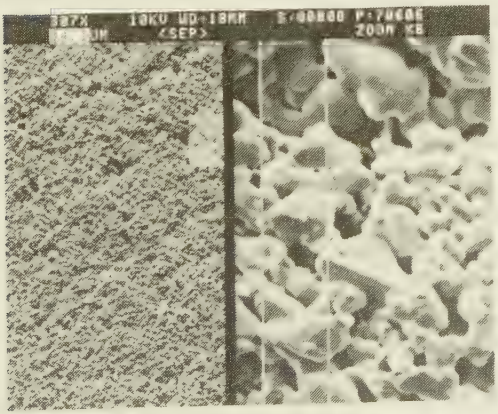


b. "medium"
Originalvergrößerung: 53,1 mal/ 212,4 mal

Abb. 44: Oberflächen von Soflexscheiben verschiedener Körnungen



c. "fine"
Originalvergrößerung: 51,1 mal/ 408,8 mal



d. "super fine"
Originalvergrößerung: 307 mal/ 2456 mal

Herrn Professor Dr. med. dent. Karl Eichner möchte ich an dieser Stelle für die Überlassung des Themas und die freundliche Unterstützung bei der Anfertigung der vorliegenden Arbeit herzlich danken.

LEBENSLAUF

Name	Gabriele Andreae, geb. Kornek
Geburtsdatum	21.10.1957
Staatsangehörigkeit	deutsch
Schulausbildung	
1963 - 1969	Ernst-Ludwig-Heim-Grundschule, Berlin
1969 - 1976	Lily-Braun-Oberschule, Berlin
Juni 1976	Abitur
Universitätsstudium	
1976 - 1982	Freie Universität Berlin Fachbereich für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
Februar 1982	Staatsexamen
1982 - 1984	Ausbildungsassistentin in einer Berliner Zahnarztpraxis
seit November 1984	Wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Freien Universität Berlin im Fachbereich für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten, Abteilung für Zahnerhaltung (Nord)

Papyrus-Druck GmbH Berlin ☎ 3416451
Dissertationen